



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE ELÉCTRICA DE UNA CASA AISLADA**

Trabajo de final de grado  
Ingeniería de Sistemas Biológicos

Autor: Aina Sansó Ramón

Tutor: Ernesto Serrano Finetti

Fecha: 2 de Julio de 2018



## **Resum**

Per què escollir l'energia eòlica en comptes de l'eterna solar? Perquè cal tenir en compte que l'energia solar no és sempre la més eficient, com és el cas d'aquest projecte on a causa del clima, el recurs eòlic és més eficaç.

El projecte consisteix en la realització d'un estudi previ per veure si es pot autoabastir una finca mitjançant l'energia eòlica generada per un aerogenerador. Per a això, s'han estudiat diferents aspectes; el primer, i més significatiu, és l'estudi del vent per saber la velocitat i la direcció en la qual aquest bufa. Posteriorment, també s'estudiarà el consum aproximat d'una família de 4 persones que viurà a la finca per fer-nos una idea de la quantitat d'energia que necessitem. A més, a partir de l'estudi de vents i del consum, s'escollirà l'aerogenerador que compleixi els requisits necessaris per poder autoabastir la finca. Finalment, es farà un estudi de pendent per situar el aerogenerador on sigui més eficient.

Tenint en compte tots els estudis, es buscarà poder afirmar que una casa situada a la localitat de Pontoise, que es troba al departament de la Val-d'Oise dins de la regió Île-de-France, es pot autoabastir únicament mitjançant l'energia eòlica produïda per un aerogenerador.

## **Resumen**

¿Por qué escoger la energía eólica en vez de la eterna solar? Porque hay que tener en cuenta que la energía solar no es siempre la más eficiente, como es el caso de este proyecto donde debido al clima, el recurso eólico es más eficaz.

El proyecto consiste en la realización de un estudio previo para ver si se puede autoabastecer una finca mediante la energía eólica generada por un aerogenerador. Para ello, se han estudiado diferentes aspectos; el primero, y más significativo, es el estudio del viento para saber la velocidad y la dirección en la que este sopla. Posteriormente, también se estudiará el consumo aproximado de una familia de 4 personas que vivirá en la finca para hacernos una idea de la cantidad de energía que necesitaremos. Además, a partir del estudio de vientos y del consumo, se escogerá el aerogenerador que cumpla los requisitos necesarios para poder autoabastecer la finca. Finalmente, se hará un estudio de pendiente para situar el aerogenerador donde sea más eficiente.

Teniendo en cuenta todos estos estudios, se buscará poder afirmar que una casa situada en la localidad de Pontoise, que se encuentra en el departamento de la Val-d'Oise dentro de la región



Île-de-France, puede autoabastecerse únicamente mediante la energía eólica producida por un aerogenerador.

## **Abstract**

Why choose wind energy instead of the almost eternal solar energy? Because we have to take into account that solar energy is not always the most efficient nor the most suitable, as is the case of our project where, due to the climate conditions, the wind resource is more efficient.

This project consists in a preliminary study to assess if a homestead can be self-sufficient through the wind energy generated by a wind turbine. For this, different aspects have been studied: first, and most significant, is the study of the wind to know the speed and direction in which it blows. Later, we will also study the approximate consumption of a family of 4 people who will live on the estate to get an idea of the amount of energy that will be needed. In addition, based on the study of winds and consumption, the wind turbine that meets the necessary requirements to be able to self-supply the holding will be chosen. Finally, a slope study will be done to place the aerogenerator where it is most efficient.

Taking all these studies into account, it will be possible to affirm that a house located in Pontoise, which we can find in the Val-d'Oise department inside the Île-de-France region, can be self-sufficient only by wind energy produced by a wind turbine.



## Índice

<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>8</b>
1.1. La energía eólica .....	8
1.2. Objetivos .....	9
<b>2. Contexto y Especificaciones del proyecto .....</b>	<b>10</b>
2.1. Descripción de la Parcela .....	10
2.2. Estudio del Viento .....	11
2.2.1. Año 2015.....	11
2.2.2. Año 2016.....	15
2.2.3. Conclusión del estudio de vientos.....	18
2.3. Estudio del consumo esperado de energía eléctrica.....	19
<b>3. EL AEROGENERADOR.....</b>	<b>25</b>
3.1. Aerogenerador E70.....	27
3.1.1. Producción de energía eléctrica E70.....	29
3.2. Aerogenerador E200.....	32
3.2.1. Producción de energía eléctrica E200.....	33
3.3. Mantenimiento de los aerogeneradores E70 y E200.....	35
3.4. Comparativa, amortización y elección.....	35
<b>4. Otras Consideraciones.....</b>	<b>37</b>
4.1. Legislación .....	37
4.1.1. Legislación Francesa.....	37
4.1.1.1. Etapa administrativa.....	37
4.1.2. Legislación española.....	39
4.2. Impacto ambiental .....	42
4.3. Alternativas de reducción del consumo energético.....	45
<b>5. Presupuesto.....</b>	<b>49</b>
<b>6. Planos .....</b>	<b>52</b>





<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>54</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>56</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>58</b>



## **Índice de Figuras**

<i>Figura 1. Parcela del Proyecto (extraído de <a href="http://www.geoportail.gov.fr">www.geoportail.gov.fr</a>).....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2. Rosa de Vientos del año 2015.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3. Frecuencias según la distribución del viento del año 2015 .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4. Velocidad media de cada mes dependiendo de la hora del día del año 2015.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5. Rosa de Vientos del año 2016.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6. Frecuencias según la distribución del viento del año 2016 .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7. Velocidad media de cada mes dependiendo de la hora del día del año 2016.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8. Consumo de energía total de la finca según los meses del año.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9. Tipos de aerogeneradores: vertical (izquierda) y horizontal (derecha) .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10. Partes de un aerogenerador (extraído de <a href="http://centraleolica.wordpress.com">centraleolica.wordpress.com</a>).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11.. Aerogenerador E70.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 12. Curva de potencia del aerogenerador E70.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Producción anual de energía del aerogenerador E70 .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Aerogenerador E200.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15. Curva de potencia del aerogenerador E200.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16. Producción anual de energía del aerogenerador E200 .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. Entorno inmediato de la parcela .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 18. Entorno inmediato de la parcela con los tipos de terreno diferenciados.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 19. Entorno distante de la parcela.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 20. Entorno distante de la parcela con los tipos de terreno diferenciados .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 21. Paisaje lejano de la parcela .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 22. Esquema de un voladizo según la época del año. Extraído de: <a href="http://knowledge.autodesk.com">knowledge.autodesk.com</a>.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 23. Esquema de utilización del muro Trombe en invierno y en verano. Extraído de: <a href="http://plataformaarquitectura.cl">plataformaarquitectura.cl</a>.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 24. Paso a Paso. Extraído de: <a href="http://enair.es">enair.es</a>.....</i>	<i>51</i>



## **Índice de Tablas**

<i>Tabla 1. Datos totales del viento según su dirección y velocidad del año 2015 .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Media de la velocidad mensual y anual del año 2015 .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 3. Datos totales del viento según su dirección y velocidad del año 2016 .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4. Media de la velocidad mensual y anual del año 2016 .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5. Hora de salida y puesta de sol y horas totales de sol según el mes del año .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 6. Tipos de tiras LED y sus respectivas potencias .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7. Consumo mensual de la vivienda .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8. Consumo anual por mes y en total de la entrada de la parcela.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 9. Consumo anual por mes y en total de la pista de tenis .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 10. Consumo anual de cada línea eléctrica y el consumo total anual.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 11. Potencia del aerogenerador E70 según la media de velocidad de cada mes del año 2015.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 12. Potencia del aerogenerador E70 según la media de velocidad de cada mes del año 2016.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 13. Resumen de la velocidad media, la potencia y la producción anual del aerogenerador E70 .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 14. Potencia del aerogenerador E200 según la media de velocidad de cada mes del año 2015.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 15. Potencia del aerogenerador E200 según la media de velocidad de cada mes del año 2016.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 16. Potencia y producción anual de los diferentes años del estudio según la velocidad media de cada año .....</i>	<i>35</i>



# **1. Introducción**

Preguntarse por qué existen las energías renovables es como preguntarse por qué se vende chocolate, por qué hay tantos hoteles en primera línea de mar o por qué hay una opción de menú vegano en cada vez más restaurantes. Las energías renovables, igual que todos los otros servicios mencionados, dan respuesta a una necesidad del ser humano (de reducir su propia culpabilidad), acentuada por la era del cambio climático y la coyuntura socioeconómica en la que se inscribe. Cada vez más, países del primer mundo como Francia, Japón o España han ido invirtiendo en el desarrollo de energías renovables, entre ellas, una de las más sonadas, descartando la siempre presente energía solar, ha sido la energía eólica, cosa que ha provocado un incremento e innovación en la creación de nuevos modelos de aerogeneradores y en sus usos aplicables. Con esto último nos referimos a que ahora la producción de energía a partir de la fuerza viento, está creciendo de tal manera, que ya no se ve restringida tan solo a su obtención a gran escala (gracias a los propios gobiernos de cada país o a empresas eléctricas, como el caso español de Endesa), sino que, cada vez con más rapidez, se está acrecentando su producción e uso individual, personal y privado (uno empieza a producir la propia energía que posteriormente consumirá). Cosa que se ha querido demostrar en este trabajo con la creación de una hipotética vivienda que extraería toda la energía necesaria de un aerogenerador creado específicamente con una función, autoabastecer todas las necesidades de las personas que habitasen esa vivienda.

Para demostrar que la instalación de un aerogenerador como único subministro de energía eléctrica para alimentar a una casa (y todos los elementos vinculados a esta) es un proyecto viable, se han debido llevar a cabo diversos estudios de los cuáles se han sacado conclusiones específicas que han ayudado a validar las conclusiones generales de este trabajo. Entre estos estudios se encuentran: el estudio del viento, el propio consumo de la parcela, el estudio de la pendiente del terreno escogido, y la selección de uno (o varios) aerogenerador/es concreto/s.

## **1.1. La energía eólica**

La energía eólica consiste en utilizar el flujo de aire que pasa por las turbinas de viento para generar energía eléctrica. Este tipo de energía, una alternativa a la quema de combustibles fósiles, es abundante y limpia ya que no produce ningún tipo de emisiones de gases de efecto invernadero y no consume agua (1, p.1). Por lo que la energía eólica tiene unos efectos sobre el medio ambiente de menor problemática que las fuentes no renovables.



Normalmente, la energía eólica se genera en parques eólicos que son grandes espacios donde se agrupan muchos aerogeneradores conectados a la red eléctrica. Se pueden encontrar parques eólicos tanto en la tierra como en alta mar. Los parques en tierra son una fuente asequible de energía eléctrica además de competitiva y más barata que otros tipos de planta de generación de energía eléctrica (2). Por otro lado, los parques en alta mar tienen un viento mucho más estable y fuerte y menor impacto visual aunque los costes de construcción y mantenimiento son bastante más elevados (3, pp. 243-248).

La energía eólica proporciona una potencia variable lo que conlleva a ser utilizada junto con otras fuentes de energía eléctrica para proporcionar un suministro confiable. A medida que aumenta la proporción de energía eólica en una región, puede que la red se tenga que actualizar y hasta puede suplantarse la producción convencional (4). Además, gracias al pronóstico del tiempo la red eléctrica puede prepararse para las posibles variaciones que puedan afectar a la producción de energía eléctrica (5, 6, 7).

A partir de 2015, Dinamarca apostó por este recurso generando el 40% de su energía eléctrica a partir del viento (8). Además, unos 83 países de todo el mundo utilizan la energía eólica para abastecer sus redes de energía eléctrica. En 2014, la capacidad de energía eólica mundial se expandió un 16%, 369,553 MW (9, pp. 1-8). Asimismo, la producción de energía eólica crece rápidamente y ha alcanzado el 4% del uso de energía eólica en todo el mundo, en la UE un 11,4% (10).

## **1.2. Objetivos**

El objetivo principal de este proyecto es demostrar que una casa aislada en la zona de Pontoise (Francia) puede autoabastecerse sólo mediante el uso de energía eólica producida por un aerogenerador propio e individual. Para demostrar este propósito se han tenido que llevar a cabo diversos estudios cada uno con su objetivo correspondiente. Estos sub-objetivos serán la base para evidenciar que realmente es posible que una casa se autoabastezca de energía eólica durante todo el año. El primer sub-objetivo será averiguar la dirección del viento para, a partir de ahí, poder escoger el tipo de aerogenerador necesario y situarlo en la posición adecuada. Además, otro sub-objetivo, será hacer un estudio teórico del consumo anual de la vivienda para también escoger el tipo de aerogenerador que más se adecue a las necesidades energéticas de la parcela.

## 2. Contexto y Especificaciones del proyecto

### 2.1. Descripción de la Parcela

El proyecto se realiza en una parcela que se encuentra en Pontoise, la capital del departamento de la Val-d'Oise, que forma parte de la región *Île-de-France*. Esta región se caracteriza por un clima oceánico y por lo tanto predominan los vientos provenientes del oeste y unas precipitaciones considerables principalmente en invierno. Estas características climáticas crean el entorno idóneo para fomentar el uso de la energía eólica, ya que, debido a la escasez de sol, la energía solar no generaría la suficiente energía como para abastecer una vivienda entera (11).

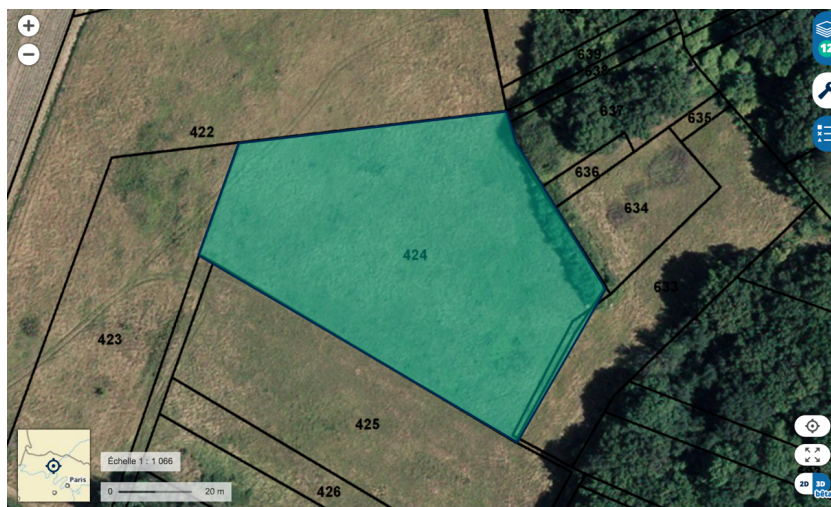
La parcela (Figura 1) en la que se encuentra la casa y donde se situará el molino eólico consta de 5834 m<sup>2</sup> y está aislada, por lo tanto, a su alrededor inmediato no hay ninguna vivienda; los primeros hogares los encontramos a 500 m de nuestra parcela, alrededor del río Oise, por lo tanto, a aproximadamente unos 10 minutos a pie. Sin embargo, cerca de nuestra parcela sí que encontramos diversos terrenos sin construir (que son en su mayoría parcelas agrónomas) al oeste, la Vallée de Cléry, una especie de bosque pequeño, que se encuentra al noreste de la parcela y una reducida zona industrial al suroeste.

Las coordenadas exactas (en grados decimales) de la parcela son las siguientes:

**Latitud: 49,071254**

**Longitud: 2,123017**

*Figura 1. Parcela del Proyecto (extraído de [www.geoportail.gov.fr](http://www.geoportail.gov.fr))*



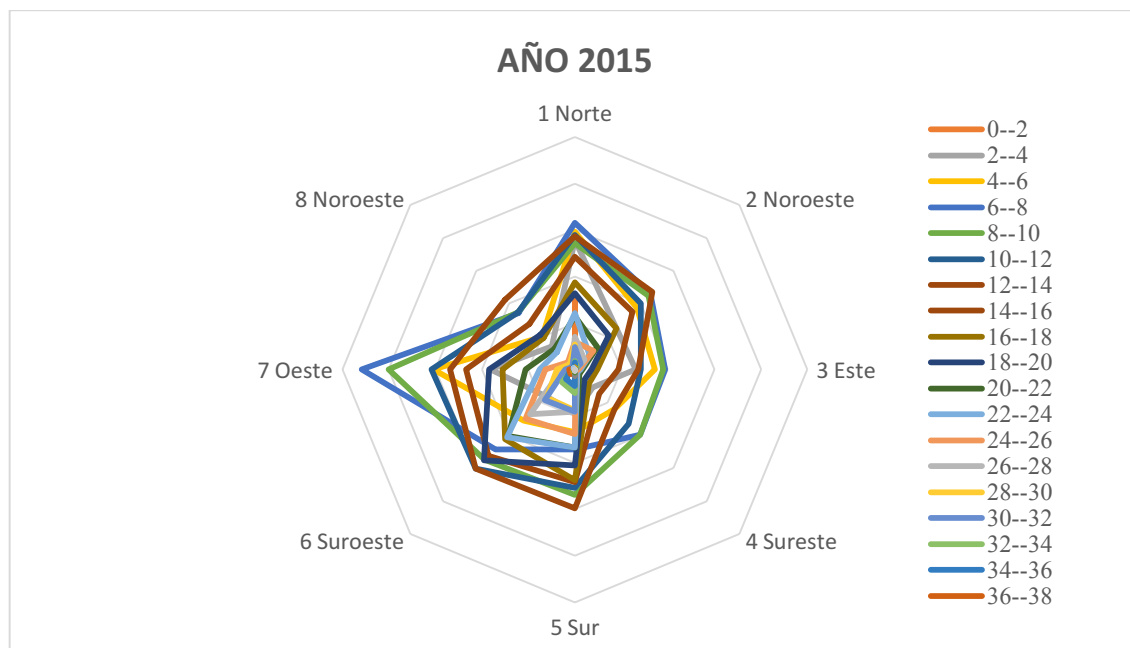
## 2.2. Estudio del Viento

El estudio del viento se realizó con un anemómetro situado en la estación meteorológica de infoclimat (12) en Pontoise debido a que era imposible poder hacerlo en la parcela escogida. Se realizó un estudio del viento con los datos de los años 2015 y 2016. Para cada año, se realizó una rosa de vientos de cada mes y del año entero a parte de una tabla con las velocidades medias de todos los días a la misma hora durante un mes.

### 2.2.1. Año 2015

En el año 2015 obtuvimos la siguiente distribución en la dirección del viento a partir de la siguiente rosa de vientos:

Figura 2. Rosa de Vientos del año 2015



En el año 2015 predomina la dirección oeste para las velocidades entre 6 y 8 m/s. También las direcciones sur y suroeste tienen un papel importante para las velocidades entre 8 y 10 m/s y entre 10 y 12 m/s. En la rosa de vientos, a pesar de tener 3 direcciones un poco más pronunciadas podemos observar que ninguna es del todo predominante respecto a las otras aunque las direcciones norte, sur, suroeste y oeste sean las que estén más repetidas.



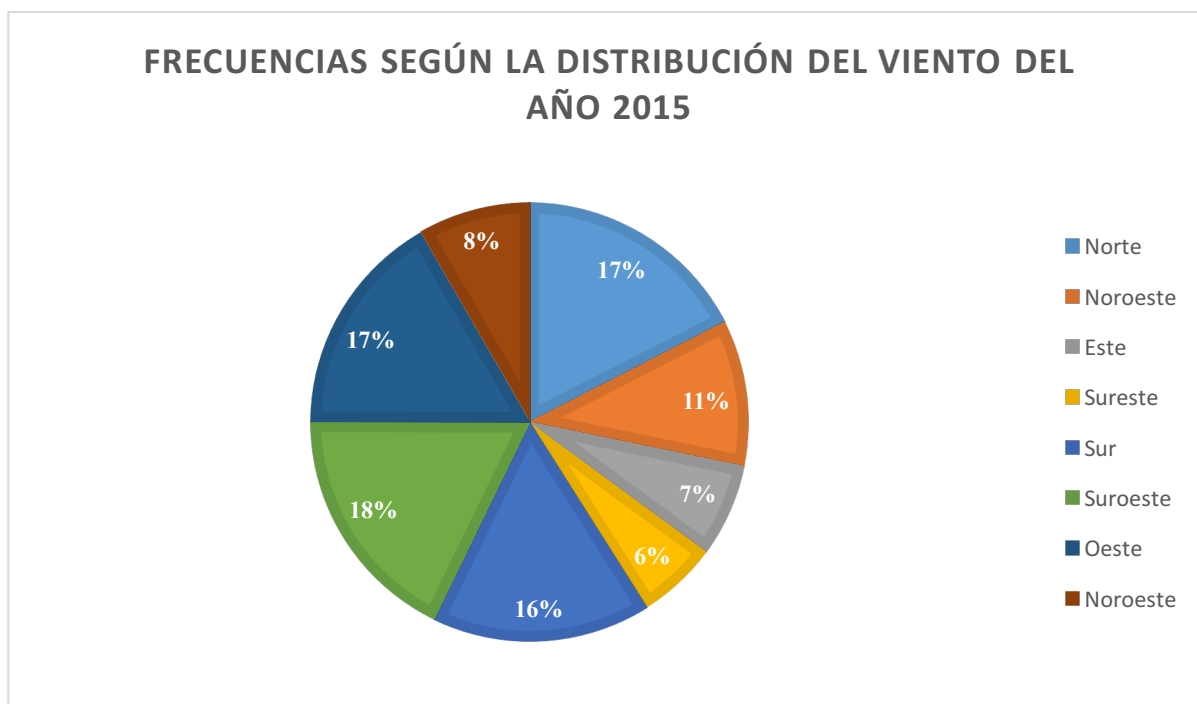
Tabla 1. Datos totales del viento según su dirección y velocidad del año 2015

TOTAL de 2015								
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidad (m/s)	Norte	Noroeste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
0--2	81	0	0	0	0	0	0	0
2--4	139	63	65	27	47	42	91	35
4--6	148	94	86	60	67	78	152	50
6--8	158	115	97	99	86	121	229	86
8--10	136	112	95	99	135	137	200	87
10--12	145	100	71	82	127	151	154	87
12--14	143	118	68	60	149	151	134	106
14--16	121	88	47	37	121	131	117	69
16--18	94	63	24	21	119	106	78	48
18--20	82	52	18	15	103	138	92	53
20--22	57	34	8	7	84	101	53	31
22--24	61	22	6	4	84	103	38	27
24--26	30	28	4	1	69	75	32	11
26--28	35	15	1	0	45	68	14	5
28--30	27	4	0	0	44	43	19	8
30--32	24	9	0	0	45	46	10	4
32--34	9	3	0	0	25	19	3	1
34--36	8	1	0	0	18	14	4	2
36--38	2	1	0	0	5	7	6	1
38-40	1	1	0	0	7	0	1	2
40--42	2	0	0	0	2	3	1	0
42--44	0	0	0	0	2	0	1	0
44--46	0	0	0	0	3	1	0	0
46--48	0	0	0	0	1	0	1	2
48--50	0	0	0	0	0	0	0	0
50--52	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	1503	923	590	512	1389	1535	1430	715
No datos	163							
Total	8597							

Como podemos observar en la tabla 1, que nos indica las frecuencias en las que se repite la misma dirección y velocidad del viento, estas direcciones se han repetido entre 1400 y 1600 veces sumando las diferentes velocidades de una misma dirección.



Figura 3. Frecuencias según la distribución del viento del año 2015



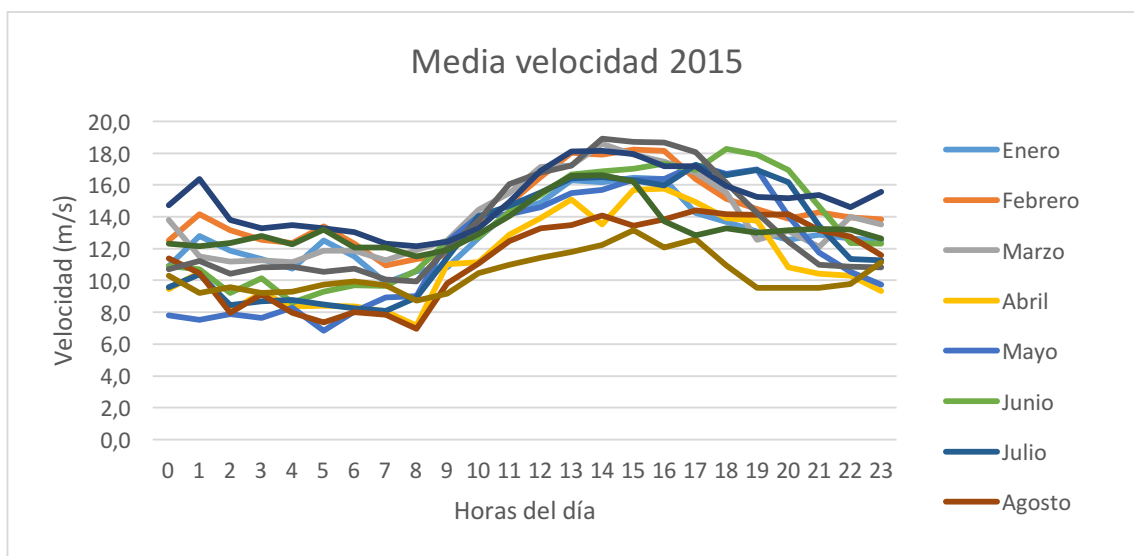
En la tabla 1 se pueden observar los datos totales de la muestra tomada, en cambio, en esta figura número 3 se pueden observar las frecuencias de los datos de la muestra donde se han sumado todas las velocidades que se encuentran en una misma dirección. De manera que se puede observar que la dirección 6 (suroeste) tiene la frecuencia más elevada con un 18% de los datos totales, la dirección 1 (norte) y 7 (oeste) tienen una frecuencia de 17% y la dirección 5 (sur) un 16% mientras que las otras direcciones tienen valores relativamente inferiores a éstas. De manera que, si se direccionara el aerogenerador en una única dirección, se perdería energía.

Tabla 2. Media de la velocidad mensual y anual del año 2015

	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Velocidad media mensual (m/s)	12,7	14,0	13,5	10,6	10,9	12,6	11,7	10,7	12,7	10,3	14,8	13,2
Velocidad media anual (m/s)	12,2											

En la tabla 2 se puede observar la velocidad media de cada mes del año 2015 que está entre los 10 m/s y los 15 m/s. También muestra la velocidad media anual de este año que es de 12,2 m/s.

Figura 4. Velocidad media de cada mes dependiendo de la hora del día del año 2015

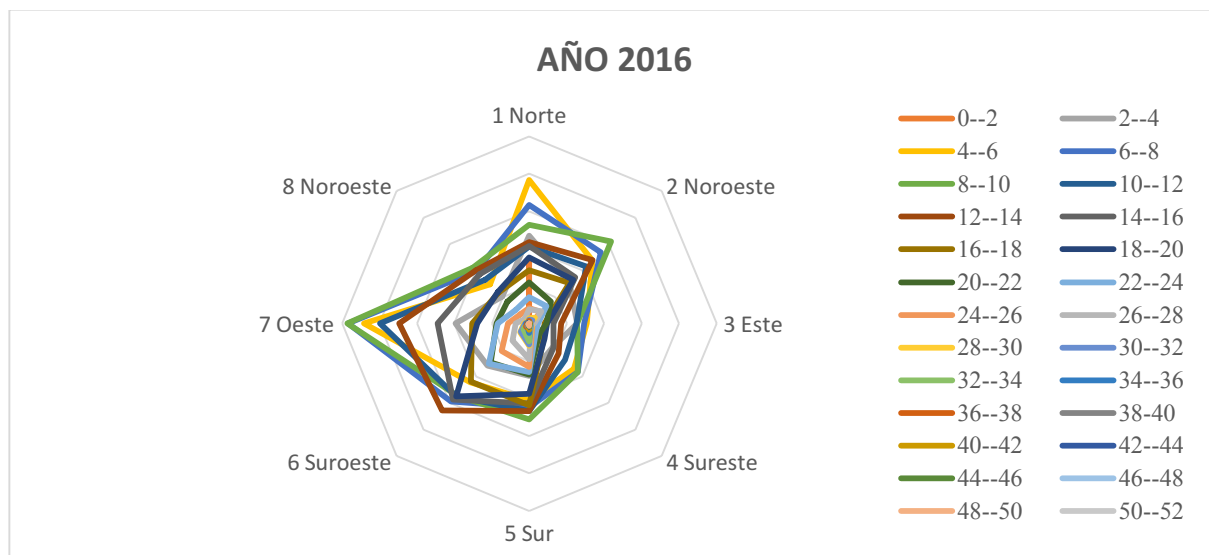


En la figura anterior se puede observar cómo todos los meses siguen un patrón similar. A partir de las 8 h empieza subir la velocidad del viento hasta las 13 h donde se encuentran las velocidades más elevadas, que se mantienen así hasta las 18 h. A partir de las 18 h la velocidad empieza a disminuir hasta las 22 h donde ésta se estabiliza hasta las 8 h, hora en que vuelve a aumentar. También se puede ver cómo los meses que tienen velocidades más elevadas son septiembre, febrero, junio y noviembre en este orden. Y el mes con menor velocidad es octubre.

### 2.2.2. Año 2016

En el año 2016 se encuentra la siguiente distribución que se puede visualizar en la siguiente rosa de vientos:

Figura 5. Rosa de Vientos del año 2016



En el año 2016 predomina la dirección oeste, sobre todo para las velocidades entre 6 y 8 m/s y entre 8 y 10 m/s. También las direcciones sur y norte tienen una elevada presencia y la dirección noreste no se distancia de éstas. Estas 5 direcciones son las más repetidas a lo largo del año 2016 donde las velocidades predominantes son las que se encuentran entre 4 y 10 m/s.



Tabla 3. Datos totales del viento según su dirección y velocidad del año 2016

TOTAL de 2016								
Sector	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidad (m/s)	Norte	Noroeste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
0--2	84	0	0	0	0	0	0	0
2--4	117	76	64	45	70	79	98	51
4--6	192	119	77	85	102	111	221	74
6--8	158	135	73	92	112	147	242	99
8--10	132	155	64	92	128	136	243	106
10--12	103	108	63	68	117	138	199	83
12--14	109	120	43	56	117	164	174	100
14--16	104	87	32	46	107	144	122	93
16--18	71	76	20	28	109	110	76	58
18--20	88	83	24	29	94	138	69	59
20--22	55	41	23	19	68	73	44	41
22--24	35	33	12	13	65	76	42	26
24--26	21	22	3	6	58	52	28	17
26--28	19	23	7	3	48	32	18	9
28--30	7	11	1	5	30	17	7	4
30--32	5	6	1	3	28	16	5	3
32--34	3	1	0	1	24	11	3	3
34--36	3	0	0	0	13	4	4	0
36--38	4	1	0	0	7	6	3	0
38--40	0	0	0	0	1	4	1	0
40--42	1	1	0	0	8	1	0	1
42--44	0	0	0	0	4	0	0	1
44--46	0	0	0	1	4	0	0	0
46--48	0	0	0	0	0	1	0	0
48--50	0	0	0	0	3	1	0	0
50--52	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1311	1098	507	592	1317	1461	1599	828
No datos	71							
Total	8713							

Como podemos observar en la tabla 3, que nos indica las frecuencias en las que se repite la misma dirección y velocidad del viento, estas direcciones se han repetido entre 1000 y 1600 veces sumando las diferentes velocidades de una misma dirección.

Figura 6. Frecuencias según la distribución del viento del año 2016



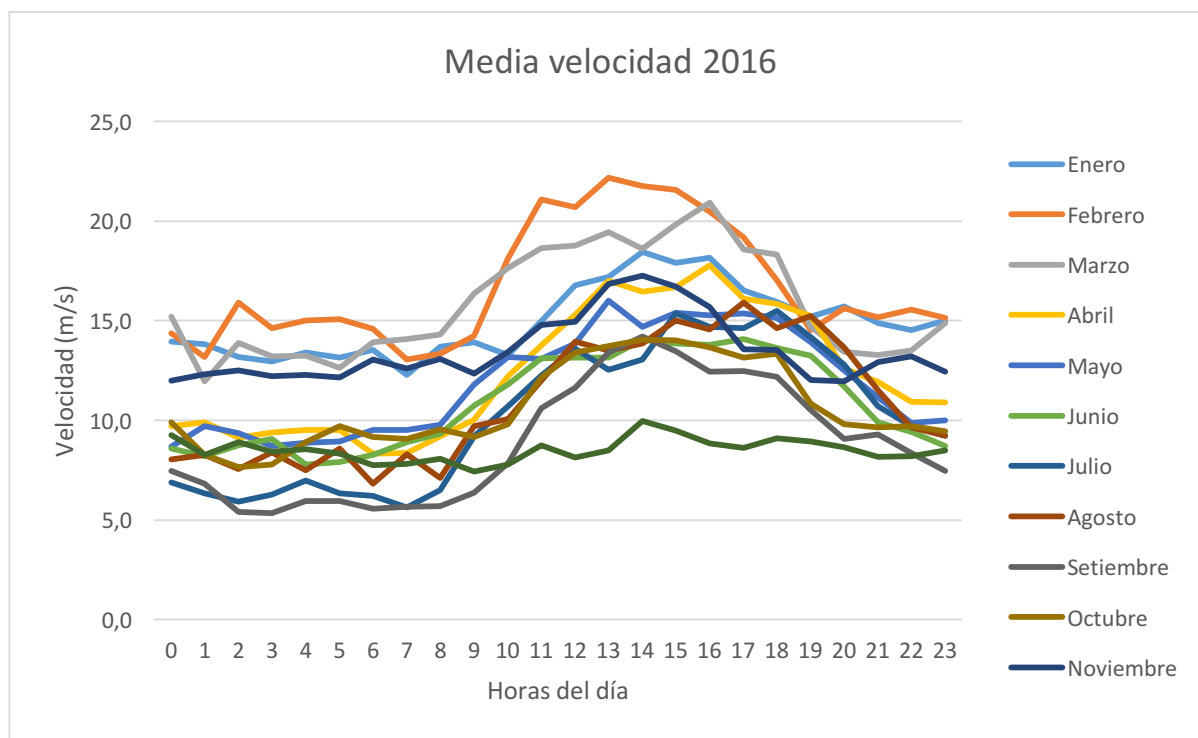
En la figura anterior se puede observar que la dirección 7 (oeste) tiene el porcentaje más elevado con un 18% de los datos totales, la dirección 6 (suroeste) tiene un porcentaje del 16%, la dirección 1 (norte) y 5 (sur) tienen un 15% de los datos totales y la 2 (noreste) un 13%. Las otras direcciones tienen un porcentaje menor respecto a estas direcciones, por lo que podríamos abstenernos de posicionar el aerogenerador en esas direcciones.

Tabla 4. Media de la velocidad mensual y anual del año 2016

	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Velocidad media mensual (m/s)	14,7	16,2	15,4	11,6	11,3	10,4	9,0	10,2	8,0	10,3	13,3	8,5
Velocidad media anual (m/s)	11,0											

En la tabla 4 se puede observar la velocidad media de cada mes del año 2016 que ésta entre los 8 m/s y los 16 m/s. También muestra la velocidad media anual de este año que es de 11 m/s.

Figura 7. Velocidad media de cada mes dependiendo de la hora del día del año 2016



En la figura 7, se puede observar cómo todos los meses siguen un patrón similar, donde a partir de las 8 h empieza subir la velocidad del viento hasta las 14 h donde se encuentran las velocidades más elevadas que se mantienen así hasta las 16 h. A partir de las 16 h la velocidad empieza a disminuir hasta las 22 h donde ésta se estabiliza hasta las 8 h, hora en la que vuelve a aumentar. También se puede ver como los meses que tienen velocidades más elevadas son febrero, marzo, enero y abril en este orden. Y el mes con menor velocidad es diciembre.

### 2.2.3. Conclusión del estudio de vientos

Tanto en el 2015 como en el 2016, se observa que las direcciones predominantes son la 1 (norte), 5 (sur), 6 (suroeste) y 7 (oeste). Cada año los porcentajes varían, pero se repiten las mismas direcciones. Con estas observaciones, se debería utilizar un aerogenerador con rotor para cambiar de dirección según la del viento, para así, producir de la manera más eficiente posible.

Respecto a la velocidad, el viento es un recurso variable y por eso las velocidades medias varían cada año y no se puede estimar con seguridad cómo será el año siguiente. Aunque sí que podemos estimar los horarios que sigue la velocidad, donde podemos ver que aumenta por la mañana, se estabiliza al mediodía con velocidades altas y por la noche éstas disminuyen. De manera que, las baterías tendrán un papel muy importante ya que deben almacenar bastante



energía durante el mediodía para así poder suplir las necesidades nocturnas además de cubrirlas los días en el que el viento no genere suficiente energía para el uso diario de la casa.

### 2.3. Estudio del consumo esperado de energía eléctrica

El terreno está constituido por tres líneas eléctricas diferentes: la línea de la vivienda, la de la pista de tenis y la del camino de entrada a la casa. Por lo tanto, cada línea tiene su propio estudio de consumo teórico según las horas de sol del lugar y el uso aproximado de cada zona del terreno y la vivienda.

La vivienda tiene diferentes habitaciones y salas y está pensada para que residan 4 personas. De manera que el consumo eléctrico se ha estimado según las horas de uso de la casa, teniendo en cuenta que entre semana se deduce que los residentes permanecen fuera de ella desde las nueve de la mañana hasta las seis de la tarde debido a su horario laboral y horario escolar, y que los fines de semana permanecen más horas en la vivienda. También se ha tenido en cuenta las horas de sol que hay según el mes del año en el que nos encontremos, como se puede observar en la siguiente tabla.

*Tabla 5. Hora de salida y puesta de sol y horas totales de sol según el mes del año*

<b>Mes del año</b>	<b>Hora salida del sol</b>	<b>Hora de la puesta del sol</b>	<b>Horas de sol (h)</b>
<b>Enero</b>	8:30	17:30	8:00 - 9:00
<b>Febrero</b>	8	18	9:30 - 11:00
<b>Marzo</b>	7	19	11:00 - 12:30
<b>Abril</b>	6:30	21	12:30 - 14:30
<b>Mayo</b>	6	21:30	14:30 - 16:00
<b>Junio</b>	6	22	16
<b>Julio</b>	6	22	16
<b>Agosto</b>	6:30	21	14:00 - 15:00
<b>Septiembre</b>	7	20	12:00 - 13:00
<b>Octubre</b>	8	19	10:00 - 11:00
<b>Noviembre</b>	7:30	17	9:00 - 10:00
<b>Diciembre</b>	8:30	17	8:00 - 8:30 (13)



En la tabla 5 se puede observar cómo de abril a septiembre hay más horas de sol y por lo tanto el consumo lumínico de la casa será inferior que el de los meses entre octubre y marzo que son meses con menores horas de radiación. En el anexo 4 se puede observar el consumo eléctrico anual que según el mes del año el consumo lumínico disminuye ya que se aprovecha la luz natural y por lo tanto, en enero se estima que las luces del comedor están encendidas durante cuatro horas debido a que a las cinco y media de la tarde ya no hay luz mientras que en julio estas luces se encenderán sólo una hora y media ya que se podría aprovechar la luz natural hasta las nueve y media de la noche. Aunque también hay que considerar que en los meses de mayor temperatura se utilizaran aparatos para refrescar el ambiente y este tipo de aparatos tienen un consumo eléctrico que debe contabilizarse en el estudio de consumo. De manera que se puede afirmar que según la época y mes del año el consumo eléctrico variará debido a las horas de sol y la temperatura ambiente.

En la vivienda se encuentran diferentes tipos de luces: las denominadas luces que son luces LED de 60 W de potencia, las luz espejo que también son luces LED de 60 W pero tienen diferente nombre debido a que se sitúan en el baño y por último, las tiras LED que son tiras de luces que tienen una potencia de 9 W el metro, excepto las tiras de luces de 2,3 m y 3,5 m que al encontrarse en la cocina son luces de trabajo y su potencia es de 12 W por metro. En la tabla 6 se pueden observar las diferentes tiras LED y la potencia que generan.

*Tabla 6. Tipos de tiras LED y sus respectivas potencias*

<b>Tiras de luces</b>	<b>Potencia/metro (W/m)</b>	<b>metros (m)</b>	<b>Potencia (W)</b>
<b>Tira LED de 2,3m</b>	12	2,3	27,6
<b>Tira LED de 3,5m</b>	12	3,5	42
<b>Tira LED de 4m</b>	9	4	36
<b>Tira LED de 5m</b>	9	5	45
<b>Tira LED de 6m</b>	9	6	54

En la tabla 7 se observa el consumo mensual de la vivienda donde se registran los consumos mayores en los meses fríos y menores en los meses de entretiempo (primavera y otoño). El consumo más elevado es de 1096,01 kWh en enero, marzo, octubre y diciembre; y el menor es de 990,31kWh en abril y septiembre.





Tabla 7. Consumo mensual de la vivienda

MES	Consumo mensual total (kWh)
Enero	1096,01
Febrero	1005,33
Marzo	1096,01
Abril	990,31
Mayo	998,43
Junio	1018,52
Julio	1062,14
Agosto	1063,53
Septiembre	990,31
Octubre	1096,01
Noviembre	1065,78
Diciembre	1096,01
<b>Consumo anual (kWh)</b>	<b>12578,39</b>

La vivienda, teniendo en cuenta todos los matices anteriores y la ocupación de la casa, tiene un consumo eléctrico estimado de 12425,81 kWh. En el anexo 4, se puede observar el consumo eléctrico de cada zona de la vivienda y de cada electrodoméstico o luz teniendo en cuenta la cantidad que hay, la potencia y el número de horas aproximado del uso de estos.

También hay que añadir que en verano se utilizan ventiladores eléctricos para enfriar la vivienda y en invierno calefacción, pero ésta no es eléctrica sino de gas natural, de manera que, el consumo eléctrico no se dispara en los meses de invierno. A parte del consumo de energía de la vivienda, también hay que tener en cuenta las otras líneas eléctricas del terreno: la de la iluminación de la entrada en la parcela y la de la pista de tenis.



Tabla 8. Consumo anual por mes y en total de la entrada de la parcela

ENTRADA PARCELA			
MES	Horas de uso (h)	Potencia (W)	Consumo (kWh)
Enero	496	420	208,32
Febrero	420	420	176,4
Marzo	403	420	169,26
Abril	360	420	151,2
Mayo	310	420	130,2
Junio	240	420	100,8
Julio	248	420	104,16
Agosto	310	420	130,2
Septiembre	360	420	151,2
Octubre	434	420	182,28
Noviembre	450	420	189
Diciembre	496	420	208,32
Consumo anual (kWh)			1901,34

En la tabla 8 podemos observar el consumo mensual de la entrada de la parcela. La línea eléctrica de la entrada a la parcela consta de 14 focos LED de 30 W cada uno, 420 W todos. Estos focos permanecen encendidos desde que empieza a anochecer hasta que sale el sol otra vez, de manera que según el mes y la época del año este consumo será superior o inferior. Las horas de no luz según el mes, se encuentran restándole a las horas del día (24 horas) las horas de luz que tiene cada mes que se encuentran en la tabla 5. Esta línea eléctrica tiene un consumo anual de 1901,34 kWh.



Tabla 9. Consumo anual por mes y en total de la pista de tenis

PISTA DE TENIS			
MES	Horas de uso (h)	Potencia (W)	Consumo (kWh)
Enero	20	3200	64
Febrero	20	3200	64
Marzo	20	3200	64
Abril	12	3200	38,4
Mayo	12	3200	38,4
Junio	8	3200	25,6
Julio	8	3200	25,6
Agosto	12	3200	38,4
Septiembre	20	3200	64
Octubre	20	3200	64
Noviembre	20	3200	64
Diciembre	20	3200	64
Consumo anual (kWh)			614,4

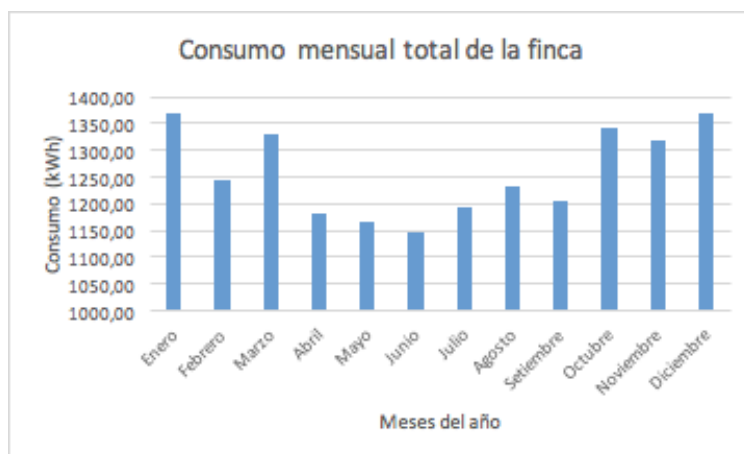
Por otra parte, la línea de la pista de tenis consta de 8 focos LED de 400 W de potencia y un consumo anual de 614,4 kWh, como ya podemos observar en la tabla 9. Este cálculo se ha supuesto a partir de las horas de luz natural según el mes del año y suponiendo que siempre que sea posible se jugará con luz natural y no con luz artificial.

Tabla 10. Consumo anual de cada línea eléctrica y el consumo total anual

	Consumo (kWh)
Vivienda	12578,39
Entrada parcela	1901,34
Pista tenis	614,4
<b>TOTAL</b>	<b>15094,13 (14)</b>

El consumo total (tabla 10) de la parcela es de 15094,13 kWh teniendo en cuenta el consumo de las diferentes líneas del terreno.

Figura 8. Consumo de energía total de la finca según los meses del año



En la figura 8 se puede observar el consumo total de toda la finca según el mes del año; en los meses fríos el consumo es mayor, sobre todo en enero y en diciembre que es de 1368,33 kWh.

Una vez tenemos los consumos de todo el terreno (15094,13 kWh) y sabemos la producción anual del aerogenerador, podemos afirmar que la casa puede autoabastecerse con el uso exclusivo del aerogenerador. Aunque como se ha podido comprobar el viento no es un recurso continuo sino que varía. El viento puede aumentar o disminuir según las horas del día, el mes, la época del año y el año. Por eso mismo, la instalación cuenta con un sistema de baterías por si algún día el molino no genera suficiente energía para autoabastecer la casa.

Las baterías tienen una autonomía de 1 día, de manera que si durante 2 o 3 días seguidos la generación de energía eléctrica por parte del molino es mínima, las baterías estarán descargadas y nos encontraremos sin electricidad hasta que el viento vuelva a soplar con la suficiente velocidad como para generar electricidad para la casa y para recargar las baterías.

### **3. EL AEROGENERADOR**

La energía del viento ha empezado a coger fuerza estos últimos años, por ello es que la tecnología de los aerogeneradores ha ido mejorando y avanzando en este tiempo. El aerogenerador es una instalación que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica que después de ser transformada por un inversor puede ser utilizada.

Hay diversos tipos de aerogeneradores y diversas formas de clasificarlos pero a grosso modo se dividen en aerogeneradores horizontales o verticales.

*Figura 9. Tipos de aerogeneradores: vertical (izquierda) y horizontal (derecha)*



Los aerogeneradores horizontales son los más utilizados y eficientes. Los más típicos son los de 3 aspas, aunque pueden tener más o menos aspas o simplemente no tener ninguna. Hoy en día, también se apuesta por los aerogeneradores verticales que tienen una menor producción de energía pero no necesitan ningún tipo de orientación al viento.

A pesar de las ventajas y desventajas de los dos tipos de aerogeneradores, en el proyecto se utiliza un aerogenerador horizontal debido a que, al tener una casa aislada, se necesita una gran producción de energía para autoabastecer la finca y este tipo de aerogenerador, produce más energía que el vertical y gracias a las mejoras tecnológicas, éste puede cambiar de dirección según la dirección en la que sopla el viento.

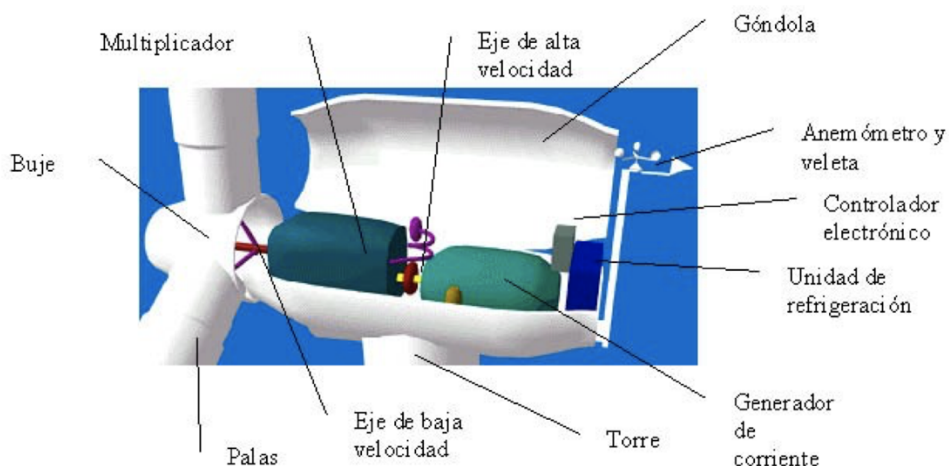
Un aerogenerador horizontal puede ser de barlovento o sotavento dependiendo de si el rotor se dispone antes o después de la torre. Antes de escoger el de aerogenerador, hay que explicar sus partes.



El aerogenerador está compuesto por diversas partes como se verá en la figura 10 (15):

- **Rotor:** esta formado por las palas y el buje y se encarga de convertir la energía del viento en rotación, es decir, es el motor.
  - Palas: se encargan de capturar el viento y transmitir la potencia al buje.
  - Buje: se encarga de unir las palas con el eje de baja velocidad transmitiendo la energía de las palas al eje.
  - Eje de baja velocidad: conecta el buje del rotor con el generador
- **Góndola:** esta parte contiene los componentes clave del aerogenerador que son el multiplicador y el generador eléctrico. Está conectada con la turbina y con el rotor.
  - **Multiplicador:** se encuentra entre el eje de baja velocidad y el de alta velocidad y se encarga de que el de alta velocidad gire más rápido que el de baja velocidad.
  - **Eje de alta velocidad:** permite el funcionamiento del generador eléctrico.
  - **Generador eléctrico:** genera la energía eléctrica.
  - **Controlador electrónico:** contiene un ordenador que monitoriza las condiciones del aerogenerador y controla la orientación. Además tiene un papel importante en la seguridad, donde si encuentra algún fallo técnico o ambiental, es el encargado de parar el aerogenerador y envía un mensaje a los técnicos.
  - **Unidad de refrigeración:** contiene un ventilador para refrigerar el generador eléctrico y una unidad de refrigeración del aceite para enfriar el del multiplicador.
- **Anemómetro y veleta:** son instrumentos de medida de dirección y velocidad del viento que están conectadas con el controlador electrónico.
- **Torre:** es el soporte de la góndola y el rotor.

Figura 10. Partes de un aerogenerador (extraído de [centraleolica.wordpress.com](http://centraleolica.wordpress.com))



La instalación eléctrica aparte de un aerogenerador consta de inversores y de baterías. Un inversor es un aparato que se encarga de cambiar un voltaje de corriente continua a corriente alterna para poder ser inyectado en la red eléctrica o en una instalación eléctrica de una vivienda. En la instalación de este proyecto se utilizan inversores QUATTRO ya que concretamente la empresa EnAir trabaja tan solo con esta clase de inversores. Por otro lado, una batería es un aparato que sirve para almacenar energía. En la instalación se utilizarán baterías 16 OPzS 2000.

### 3.1. Aerogenerador E70

El aerogenerador E70 está diseñado por la empresa EnAir con la tecnología más avanzada del mercado y produce unos 80 kW diarios a una velocidad de entre 8 y 12 m/s con un coeficiente de potencia de 0,45. Este aerogenerador pesa 165 kg, es de eje horizontal y el rotor se dispone antes de la torre, es decir, es de tipo barlovento. Tiene un diámetro de 4,3 m, una longitud lateral de 3,4 m y una potencia de 5,5 kW. Se caracteriza por empezar a generar energía a partir de los 2 m/s y por parar de generar a 60 m/s ya que a esta velocidad las rachas de viento son peligrosas (15).

Figura 11.. Aerogenerador E70





Formado por (16):

- 3 palas de fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano de alta densidad.
- Control pasivo del ángulo de las palas que estarán con un ángulo de 30° cuando el viento sopla con normalidad y con un ángulo de 15° cuando el viento vaya a velocidades muy fuertes
- Generador
- Timón de orientación de núcleo de acero embebido en poliuretano de alta densidad y recubierto con fibra de vidrio. Este timón se encarga de variar la orientación del aerogenerador según la dirección del viento para que trabaje sin parar y así pueda producir la máxima energía posible
- Cuerpo es la estructura que soporta todas las cargas
- Torre de celosía y tubular.

El aerogenerador se complementa con un sistema de control de baterías y de conexión a red y de inversores para transformar el corriente alterno en continuo.

Este tipo de aerogenerador tiene una vida útil de 25 años y se caracteriza por (16):

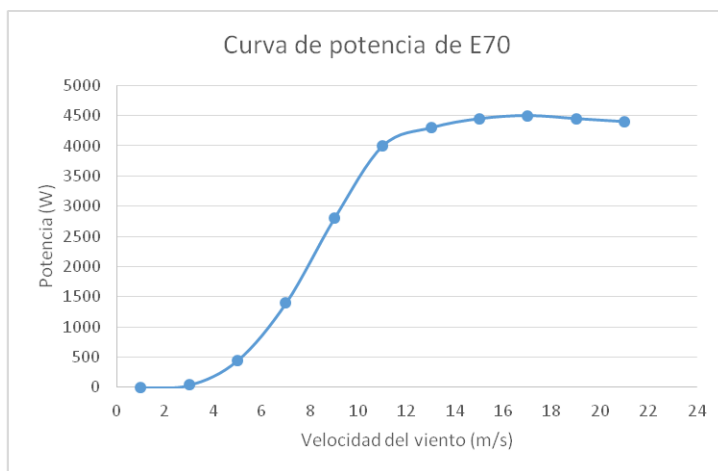
- Generación mínima de ruido ya que genera 48 dB, un 1% más de ruido que el que genera el propio ambiente.
- Sistema de seguridad mecánica, Safety-Brake, que se encarga de controlar la velocidad del viento y parar el aerogenerador cuando éste se encuentre bajo situaciones adversas y fuertes rachas de viento.
- Resistencia a rayos ultravioletas ya que las pinturas que se usan son resistentes a la luz y a la radiación ultravioleta para proteger del envejecimiento y la decoloración que causa el sol.
- Protección anti corrosión ya que es hermético y esta tratado con pintura epoxi.
- Protección anti-icing ya que es hermético y esta hecho con uretano acrílico de resina estructural que hace que el hielo no se adhiera al aerogenerador y lo hace resistente a bajas temperaturas.
- Storm Detection que trabaja conjuntamente con el Safety-Brake y consiste en un sistema que mediante algoritmos detecta las tormentas y bloquea el aerogenerador por seguridad.
- Sistema que mide la carga de las baterías, BBS (Battery Brake System), y para el aerogenerador cuando detecta que éstas están del todo cargadas.



### 3.1.1. Producción de energía eléctrica E70

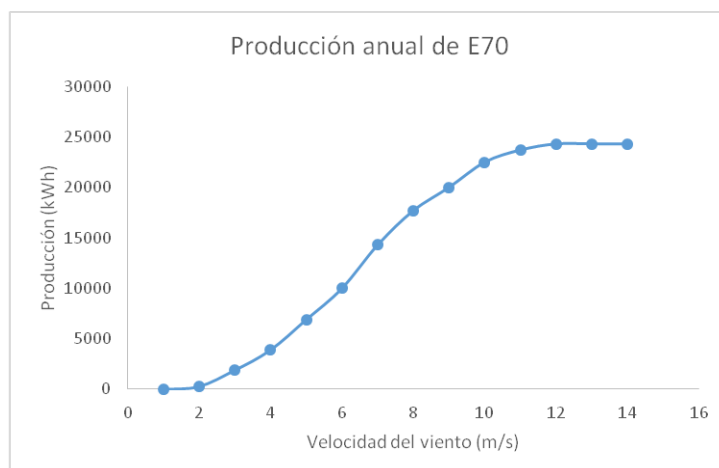
Este aerogenerador E70 tiene una curva de potencia (figura 12) y una curva de producción anual de energía (figura 13) de la cual, a partir de la velocidad media, se puede calcular cuál sería la producción anual de energía eléctrica. En la curva de potencia se indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador según la velocidad del viento. Y en la curva de producción anual se observa la cantidad de energía eléctrica anual que genera el aerogenerador, es decir la cantidad de energía que genera durante un año.

Figura 12. Curva de potencia del aerogenerador E70



En el la figura 12 se observa la curva de potencia del aerogenerador E70 donde se observa como aumenta de potencia a medida que la velocidad aumenta hasta que llega a una velocidad de 13 m/s donde parece que la curva empieza a estabilizarse, con pequeños saltos de potencia entre el aumento de una unidad de velocidad.

Figura 13. Producción anual de energía del aerogenerador E70



En la figura 13 se observa la producción anual del aerogenerador E70 donde se puede ver como aumenta la producción de energía a medida que la velocidad aumenta hasta que alcanza una velocidad de 11 m/s donde la curva se estabiliza y se mantiene con un valor de 24300 kW.

Para saber la potencia a la que trabaja y la producción anual del aerogenerador, calculamos la velocidad media anual y a partir de las figuras y las tablas del E70 estimamos los vatios o kilovatios hora que se ajustan a las condiciones en las que se encuentra el aerogenerador.

Tabla 11. Potencia del aerogenerador E70 según la media de velocidad de cada mes del año 2015

AÑO 2015												
	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Velocidad media mensual (m/s)</b>	12,7	14	13,5	10,6	10,9	12,6	11,7	10,7	12,7	10,3	14,8	13,2
<b>Producción mensual (kW)</b>	4255	4375	4337,5	3760	3940	4240	4105	3820	4255	3580	4435	4315

En la tabla anterior, se puede observar la potencia aproximada a la que trabaja el aerogenerador dependiendo de la velocidad media de cada mes del año 2015. Donde la potencia máxima que podrá ofrecer es de 5,5kW. La potencia máxima disponible por el aerogenerador en 2015 es de 4435 W, que se registra en noviembre con una velocidad media de 14,8 m/s (velocidad media más alta de 2015). Y la mínima es de 3580 W, que se registra en octubre con una velocidad media de 10,3 m/s (velocidad media más baja del año 2015).



Tabla 12. Potencia del aerogenerador E70 según la media de velocidad de cada mes del año 2016

AÑO 2016												
	En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Velocidad media mensual (m/s)</b>	14,7	16,2	15,4	11,6	11,3	10,4	9	10,2	8	10,3	13,3	8,5
<b>Producción mensual (kW)</b>	4427,5	4480	4460	4090	4045	3640	2800	3520	2100	3580	4322,5	2450

En la tabla 12, se puede observar la potencia aproximada a la que trabaja el aerogenerador dependiendo de la velocidad media de cada mes del año 2016. Donde la potencia máxima que podrá ofrecer es de 5,5kW. La potencia máxima que alcanza este aerogenerador durante el 2016 es de 4480 W, que se registra en febrero con una velocidad media de 16,2 m/s ( velocidad más alta) y la mínima es de 2100 W, que se registra en septiembre con una velocidad media de 8 m/s ( velocidad más baja).

En todas las tablas y gráficos anteriores podemos ver como la velocidad varía cada mes y cada año, es decir, que este recurso eólico no es predecible y por lo tanto la potencia disponible por el aerogenerador tampoco lo es. Aunque, como podemos observar, estas velocidades se encontraran entre 8 m/s y 16 m/s.

Tabla 13. Resumen de la velocidad media, la potencia y la producción anual del aerogenerador E70

	<b>Velocidad media anual (m/s)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Producción anual (kWh)</b>
<b>2015</b>	12,2	4180	24300
<b>2016</b>	11	4000	23700

En la tabla 13, se observa que en 2015 la velocidad media anual fue de 12,2 m/s y el aerogenerador trabajo a una potencia de 4180 W y produjo 24300 kWh. En cambio, en 2016 la velocidad media disminuyó hasta 11 m/s y el aerogenerador trabajó a una potencia de 4.000 W y produjo 23700 kWh de energía eléctrica. También hay que tener en cuenta que la velocidad del viento varía constantemente y puede ser inferior o superior a la media. Por ello, se instala junto al aerogenerador un conjunto de baterías 16 OPzS 2000 para almacenar la energía eléctrica generada por el E70 y también unos inversores QUATTRO (marca U-Power) para transformar la corriente continua en corriente alterna para que el inmueble pueda utilizarla.

### 3.2. Aerogenerador E200

El aerogenerador E200 está diseñado por la empresa EnAir con la tecnología más avanzada del mercado y produce unos 200 kW diarios a una velocidad de entre 8 y 11 m/s con un coeficiente de potencia de 0,48. Este aerogenerador pesa 1000 kg, es de eje horizontal y el rotor se dispone después de la torre, es decir, es de tipo sotavento. Tiene un diámetro de 9,8 m, una longitud lateral de 2,3 m y una potencia de 20 kW. Se caracteriza por empezar a generar energía a partir de los 1,85 m/s y por parar de generar a 30 m/s (17).

Formado por (17):

- 3 palas compuestas de resinas basadas en uretano acrílico y epoxi combinadas con fibras de vidrio y de carbono.
- Sistema de paso de variable de las palas con seguridad pasiva que se encarga de controlar electrónicamente la posición exacta en la que se encuentra la palas.
- Generador de 20 kW de potencia.
- Sistema hidráulico que determina la posición en la que deben estar las palas para generar el máximo de energía posible según los algoritmos de control.
- Góndola, la estructura de acero donde están los diferentes componentes y la que soporta todas las cargas.
- Anemómetro es el sensor de viento que ayuda al sistema de control a extraer la máxima productividad del aerogenerador y a trabajar con seguridad.
- Torre de celosía y tubular.

*Figura 14. Aerogenerador E200*

El aerogenerador se complementa con un sistema de control de baterías y de conexión a red y de inversores para transformar el corriente alterno en continuo.

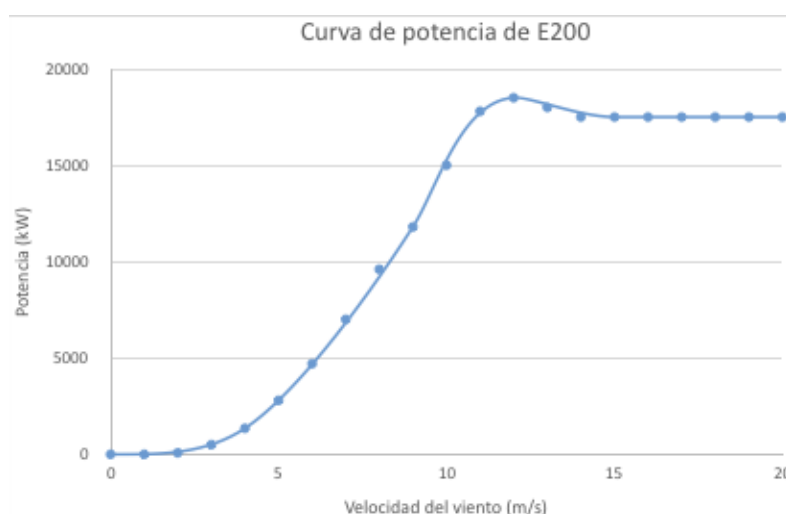
Este tipo de aerogenerador está caracterizado por lo mismo que el aerogenerador E70.



### 3.2.1. Producción de energía eléctrica E200

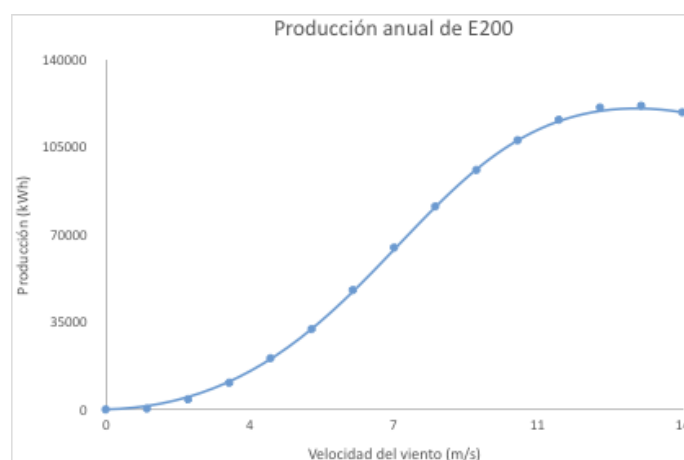
Este aerogenerador E200 tiene una curva de potencia (figura 15) y una curva de producción anual de energía (figura 16) de la cual a partir de la velocidad media se puede calcular cuál sería la producción anual de energía eléctrica. En la curva de potencia se indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador según la velocidad del viento. Y en la curva de producción anual se observa la cantidad de energía eléctrica anual que genera el aerogenerador, es decir la cantidad de energía que genera durante un año.

Figura 15. Curva de potencia del aerogenerador E200



En la figura 15 se observa la curva de potencia del aerogenerador E200 donde se observa como aumenta de potencia a medida que la velocidad aumenta hasta que llega a una velocidad de 14 m/s donde la curva se estabiliza con un valor de 17500 W.

Figura 16. Producción anual de energía del aerogenerador E200



En la figura 16 se observa la producción anual del aerogenerador E200, donde se puede ver cómo aumenta la producción de energía a medida que la velocidad aumenta hasta que alcanza



una velocidad de 13 m/s donde llega a su producción máxima. A partir de los 13 m/s, a medida que la velocidad aumenta la producción anual disminuye.

Para saber la potencia a la que trabaja y la producción anual del aerogenerador, calculamos la velocidad media anual y a partir de los gráficos y las tablas del E200 estimamos los kilovatios o kilovatios hora que se ajustan a las condiciones en las que se encuentra el aerogenerador.

*Tabla 14. Potencia del aerogenerador E200 según la media de velocidad de cada mes del año 2015*

AÑO 2015												
	En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Velocidad media mensual (m/s)</b>	14,7	16,2	15,4	11,6	11,3	10,4	9	10,2	8	10,3	13,3	8,5
<b>Producción mensual (kW)</b>	18150	17500	17750	16680	17520	18200	18290	16960	18150	15840	17500	17900

En la tabla anterior, se puede observar la potencia aproximada a la que trabaja el aerogenerador dependiendo de la velocidad media de cada mes del año 2015. Donde la potencia máxima que podrá ofrecer es de 20kW. La potencia máxima disponible por el aerogenerador en 2015 es de 18290 W, que se registra en julio con una velocidad media de 11,7 m/s que no es la velocidad más elevada de este año ya que la curva de potencia tiene su punto más alto a los 12 m/s. Y la mínima es de 16680 W, que se registra en abril con una velocidad media de 10,6 m/s (velocidad media más baja del año 2015).

*Tabla 15. Potencia del aerogenerador E200 según la media de velocidad de cada mes del año 2016*

AÑO 2016												
	En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>Velocidad media mensual (m/s)</b>	14,7	16,2	15,4	11,6	11,3	10,4	9	10,2	8	10,3	13,3	8,5
<b>Producción mensual (kW)</b>	17500	17500	17500	18220	18010	16120	11800	15560	9600	15840	17850	10700

En la tabla 15, se puede observar la potencia aproximada a la que trabaja el aerogenerador dependiendo de la velocidad media de cada mes del año 2016. Donde la potencia máxima que podrá ofrecer es de 20kW. La potencia máxima que alcanza este aerogenerador durante el 2016 es de 18220 W, que se registra en abril con una velocidad media de 11,6 m/s y la mínima



es de 9600 W, que se registra en septiembre con una velocidad media de 8 m/s (más baja).

*Tabla 16. Potencia y producción anual de los diferentes años del estudio según la velocidad media de cada año*

	<b>Velocidad media anual (m/s)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Producción anual (kWh)</b>
<b>2015</b>	12,2	18400	121040
<b>2016</b>	11	17800	116000

En la tabla 16, se observa que en 2015 la velocidad media anual fue de 12,2 m/s y el aerogenerador trabajó a una potencia de 18400 W y produjo 121040 kWh. En cambio, en 2016 la velocidad media disminuyó hasta 11 m/s y el aerogenerador trabajó a una potencia de 17800 W y produjo 116000 kWh de energía eléctrica.

### **3.3. Mantenimiento de los aerogeneradores E70 y E200**

Un mes después del uso de la instalación, hay que reapretar los tornillos de toda la instalación. Después de un mes y después de tormentas o vientos de más de 25 m/s, hay que hacer una inspección visual de todo, un chequeo de ruidos anómalos y de vibraciones.

Si los vientos predominantes de la zona son inferiores a 7 m/s el mantenimiento que se explica a continuación se realizará cada 12 meses, en cambio, si el viento es superior a 7 m/s el mantenimiento se realizará cada 6 meses. Este mantenimiento consta de reapretar los tornillos, engrasar los rodamientos del paso variable y del paso variable, comprobar el estado de las palas, el funcionamiento del paso variable y de la pintura buscando desperfectos y puntos de óxido e inspeccionar las escobillas, los anillos rozantes y los cables de conexión.

Finalmente, las escobillas se sustituirán cada 20, aproximadamente, si los vientos predominantes son inferiores a 7 m/s y cada 15 años, aproximadamente, los vientos son superiores a 7 m/s.

### **3.4. Comparativa, amortización y elección**

En el proyecto hemos estudiado la producción de energía eólica de dos tipos de aerogeneradores, el E70 y el E200. Por su parte, el E70 genera la suficiente energía como para abastecer las necesidades energéticas de una parcela, de dimensiones amplias, teniendo en cuenta que genera más energía de la que necesita de manera que tiene un margen de energía sobrante. Por otro lado, el aerogenerador E200, aparte de ser más robusto, genera muchísima



más energía de la necesaria, lo que implica tener que conectarlo a la red para vender la energía sobrante. Por lo que hace referencia al precio de la instalación del aerogenerador, al ser más robusto, el E200 tiene un precio más elevado que el E70.

Por ello, ambos aerogeneradores son adecuados para la tarea propuesta en este proyecto que es autoabastecer una casa. Por esto mismo, la elección de un aerogenerador en concreto ya dependerá de lo que quiera el propietario de la vivienda, si prefiere tan solo producir la energía necesaria sin conectarse a la red (aerogenerador E70) o si prefiere producir mucha más energía y venderla para poder obtener beneficios añadidos (aerogenerador E200).

Para realizar esta elección, el propietario primero debe tener en cuenta que el consumo de luz anual medio de una vivienda en España es de aproximadamente 1011€, multiplicando esto por unos 50 años (que sería el tiempo representativo de una generación) se estimaría que una familia española de media gastaría en toda su vida un total de 50550€ en electricidad. Teniendo este dato monetario general de consumo presente, primero hablaremos del aerogenerador E70; el precio de la instalación de este será de 42432,06€ (sin conexión a la red eléctrica) y de 45607,06€ (con conexión a la red). Por lo tanto si comparamos cualquiera de estas cifras con la del consumo total de electricidad por el “método tradicional” se aprecia como la utilización de un aerogenerador E70 supone un ahorro evidente de entre 5000€ y 8000€.

Por otro lado, en el caso del aerogenerador E200 se ve como el precio de la instalación aumenta significativamente a 95377,08€. Pero en el caso español por ejemplo, hay que contar con que con este último aerogenerador la energía que se utilizaría en la casa es tan solo de entre un 12% y un 15%, mientras que el 88%-85% de energía restante (excedente) de este aerogenerador se vende a la red eléctrica general del estado cosa que añade a la ecuación la obtención de unos beneficios no esperados. El aerogenerador E200 tiene una producción anual de aproximadamente 120000 kWh, de estos, 15094,13 kWh son los necesarios para autoabastecer una vivienda, por lo tanto los 104905,87 kWh restantes podrían ser vendidos para obtener beneficios. En España el kWh se paga a un precio medio de 0,12€, por tanto se obtendría un beneficio anual de 12588,70€ al año, de manera que con vender energía durante 5 años, la instalación del aerogenerador E200 ya te saldría más a cuenta que estar toda una vida pagando la energía eléctrica tradicional.





## **4. Otras Consideraciones**

### **4.1. Legislación**

#### ***4.1.1. Legislación Francesa***

El aerogenerador mide 18 metros desde el suelo hasta el buje de manera que por altura, se debe de pedir un permiso en el ayuntamiento el cual deberá firmar el alcalde ya que la energía generada por éste se utilizará para el autoconsumo.

Si se quisiera conectar a la red de distribución pública, debido a que generamos más energía de la necesaria o menos de la necesaria, se debería hacer una propuesta de conexión que se solicita a la Electricité Réseau Distribution France (ERDF) o a una empresa de distribución local (ELD). Hay dos opciones posibles para conectarse a la red que son o la inyección excedente o la inyección total. La inyección excedente consiste en consumir la electricidad creada por el aerogenerador por la propiedad y la energía sobrante enviarla a la red, y la total consiste en enviar toda la electricidad a la red que luego se utilizará para el consumo de la propiedad.

También está el caso de un sitio aislado donde la electricidad producida se almacena en baterías. Estas baterías son un punto débil en la instalación ya que son más frágiles, tienen una longevidad baja y sus componentes son difíciles de reciclar. Además, de la dependencia de inversores para transformar la electricidad de corriente alterna en continua para el consumo de la propiedad.

##### **4.1.1.1. Etapa administrativa**

- Permiso de construcción: Consiste en un formulario del cual se deben entregar 4 copias en el ayuntamiento. Hay que entregar una carpeta con un plano de la situación del terreno de la propiedad con escala y orientación, un plano de la masa de construcción a edificar o modificar en 3 dimensiones a escala y orientado, una vista de sección de la tierra y la construcción y un estudio de impacto que contenga dos fotografías. La primera fotografía situando la propiedad en el entorno inmediato y la segunda con el paisaje distante . Además también se proporcionará al ayuntamiento un documento gráfico en forma de fotomontaje para observar la afectación de la inserción del proyecto en su entorno (18, p. 20).



- Periodo de instrucción: El periodo de investigación del archivo tiene una duración de 3 meses, donde si al pasar este tiempo no se ha obtenido respuesta, la decisión es favorable (18, p. 20).
- Periodo de realización: El permiso de construcción vence a los 3 años o si la obra se detiene durante un año entero. Si es necesario extender el permiso se deberá hacer 2 meses antes de la expiración de éste (18, p. 20).
- Finalización de la instalación: En el momento en el que la obra haya acabado se debe enviar una declaración que certifique la finalización de la instalación y la conformidad con el alcalde del municipio al ayuntamiento (18, p. 21).

Los nuevos productores de electricidad deben ejecutar varios procedimientos administrativos que son independientes unos de otros para poder producir, inyectar y vender la electricidad. Hay que realizar una solicitud de autorización para operar una instalación que genere electricidad que se debe enviar al Ministerio de Ecología, de Energía, de Desarrollo Sostenible y del Mar. Si la propiedad contiene diferentes unidades de generación de electricidad se tendría que obtener el número SIRET, que es el equivalente al NIF o al VAT number (18, p. 21).

Se puede realizar también una solicitud de conexión a la red pública, para ello se deberá rellenar un archivo en forma de propuesta de conexión a red. A continuación, se deberá realizar la solicitud del certificado que da derecho al titular de la propiedad a comprar electricidad a la red a diferente precio que se solicita a la Dirección Regional de Medio Ambiente y de la Dirección Regional de la Vivienda (DREAL). Además, se tendrá que realizar la solicitud del contrato de compra, que consiste en la realización de un contrato con la compañía de electricidad francesa o una compañía de distribución local, para beneficiarse de la obligación de comprar la electricidad producida de acuerdo con la orden de tarifa del 8 de junio de 2001 para la energía eólica (18, p. 21).

#### **4.1.1.2. Ayudas financieras e impuestos**

La compra de un aerogenerador para una vivienda da derecho al 50% de crédito fiscal. Además, existen diversas ayudas. En algunas regiones ofrecen ayudas para la adquisición de una pequeña turbina eólica (18, p. 24).

La tributación de los ingresos de electricidad: los ingresos que proceden de la venta de electricidad que se inyecta a la red están sujetos a impuestos en la categoría de beneficios industriales y comerciales (BIC) (18, p. 25).



El proyecto se realiza en Pontoise, un municipio de la Val-d'Oise, Francia. Por lo tanto, la legislación que se aplica en el proyecto es la legislación francesa pero a continuación, se incluye la legislación española por si el proyecto se quisiera trasladar a España.

#### ***4.1.2. Legislación española***

El permiso para poder tener un aerogenerador conectado o no a la red de menos de 100 kW de potencia se debe presentar y debe ser aceptado por la administración municipal.

##### **4.1.2.1. Etapa administrativa**

Procedimiento para conseguir una autorización municipal (19, pp. 4; 11-15):

- Primero de todo, el promotor necesitará una licencia de obra que se la deberá conceder el ayuntamiento. Para conseguirla, se deberá presentar el impreso de solicitud de licencia de obra genérica junto la siguiente documentación:
  - Proyecto eléctrico, para las instalaciones de más de 10 kW de potencia, o la Memoria técnica de Baja Tensión para instalaciones de menos de 10 kW.
  - Certificado de cálculo estructural para instalaciones sobre el suelo o Certificado de solidez si se trata de instalaciones sobre cubiertas o integradas en la edificación.
  - La etiqueta y el informe resumen del etiquetado del aerogenerador.
  - El estudio de adecuación energética del emplazamiento.
  - La acreditación del instalador.
  - Un plano de situación y del emplazamiento.
  - Un certificado de cumplimiento de la UNE-EN 50438:2008 (Inversores): Requisitos para la conexión de microgeneradores en paralelo con redes generales de distribución en baja tensión.
- Al finalizar las obras de la instalación y antes de ponerla en marcha, se deberá presentar el documento de Comunicación de finalización de obra junto a la siguiente documentación justificativa:
  - La póliza de seguro de responsabilidad civil de la instalación.
  - El certificado final de obra emitido por el Director de obra e instalador.
- La licencia de obra será válida durante el periodo que establezca la ordenanza municipal del lugar de realización de la instalación. Y en su plazo de validez, el solicitante deberá



presentar el documento de finalización de obra junto a la documentación justificativa. En caso de que no se presentará el documento de Comunicación de finalización de obra, el ayuntamiento verificará si se ha realizado o no la instalación. Si ésta se ha realizado, el ayuntamiento fijará un plazo de 15 días para presentar la documentación y si en ese plazo de tiempo no se presenta la documentación el ayuntamiento puede dismantelar la instalación.

#### **4.1.2.2. Requisitos de la instalación (19, pp. 5-8)**

##### **- Requisitos eléctricos**

- La instalación debe cumplir los requisitos que se establecen en el REBT (reglamento electrotécnico de baja tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto). El cumplimiento de estos requisitos se deben entregar junto la solicitud de licencia de obra firmados por un técnico.
- La conexión de la instalación deberá realizarse según el Real Decreto 1699/2011, del 18 de noviembre, que regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía de pequeña potencia. Además, se tendrá en cuenta también el Real Decreto 1110/2007, del 24 de agosto para reglamentar los puntos de medida del sistema eléctrico.

##### **- Requisitos mecánico-estructurales**

- Se realizará un certificado de cálculo estructural para ratificar la seguridad mecánico-estructural. Esta documentación deberá entregarse adjunta a la licencia de obra.
- Las instalaciones sobre edificios o en cubiertas deberán presentar un certificado de seguridad y solidez. Las instalaciones sobre suelo deberán presentar únicamente el certificado de cálculo estructural.

##### **- Limitaciones de la instalación**

La instalación y su funcionamiento deberá ajustarse a la vigente normativa general y específica.

##### **○ Limitación de impacto acústico**

- Las instalaciones deben cumplir la normativa estatal, autonómica y local. Se debe realizar un ensayo de niveles acústicos y un informe de certificación que se adjuntara como documentación justificativa en la



licencia de obra como etiqueta y informe resumen del etiquetado del aerogenerador.

○ **Limitación impacto visual**

La instalación se debe ajustar a las condiciones urbanísticas y sectoriales que establece cada municipio.

- La altura del aerogenerador no tiene restricción de altura de manera que se instalará a la máxima altura con aprovechamiento eólico, aunque siempre debe tener una altura superior a los edificios y obstáculos colindantes al aerogenerador.
- Las instalaciones de suelo deberán cumplir las normas reguladoras de protección marginal de carreteras y vías públicas. De manera que el aerogenerador deberá encontrarse a 1,1 veces su altura de los lindares de la parcela. Además, las instalaciones de suelo deberán tener un soporte que no sea de carácter superficial.
- La instalación sobre edificios o cubiertas no podrá reducir las condiciones de seguridad, habitabilidad y funcionalidad de la edificación (el aerogenerador no podrá ponerse ni en zonas de ventilación ni de iluminación). La altura máxima de la torre será de 10 m. Si por alguna razón no pueden cumplir con la normativa, el Ayuntamiento del municipio se encargaría de decidir si aceptan la instalación del aerogenerador o no, siempre y cuando, se minimice al máximo el impacto.

## 4.2. Impacto ambiental

Cada instalación de un aerogenerador es única y hay que tener en cuenta el impacto que este genera sobre el territorio en cuestión. De manera que hay que tener en cuenta el entorno inmediato (500m), el entorno distante (1km) y el paisaje lejano (3km) (18, pp. 30-31).

- El entorno inmediato es el que se encuentra a 500 m de radio del aerogenerador, y por tanto es en el que se estudian todos los elementos que se encuentran alrededor de la parcela donde se va a instalar un aerogenerador.

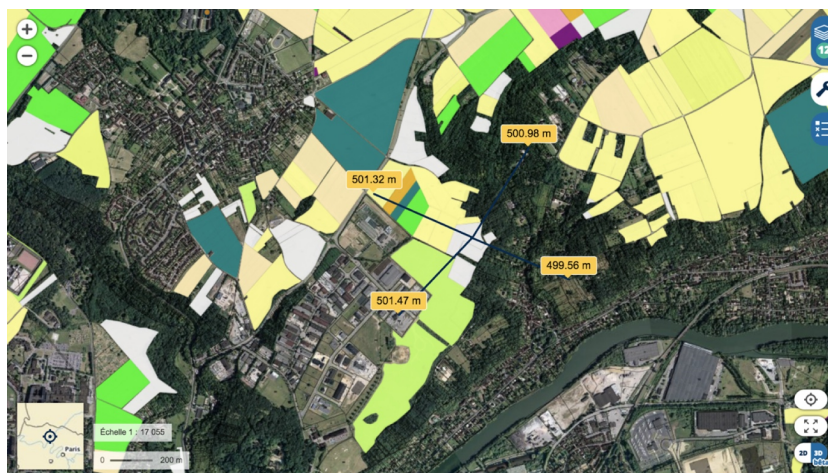
*Figura 17. Entorno inmediato de la parcela*



Como ya se ha mencionado, en este entorno se hace un estudio específico de todo lo que rodea al aerogenerador. En este caso se encuentran las parcelas agrícolas donde se cultiva trigo y grano de maíz, parcelas de prado permanente, parcelas de uso industrial, un pueblo pequeño próximo al río de Oise y la Vallée de Cléry.



Figura 18. Entorno inmediato de la parcela con los tipos de terreno diferenciados



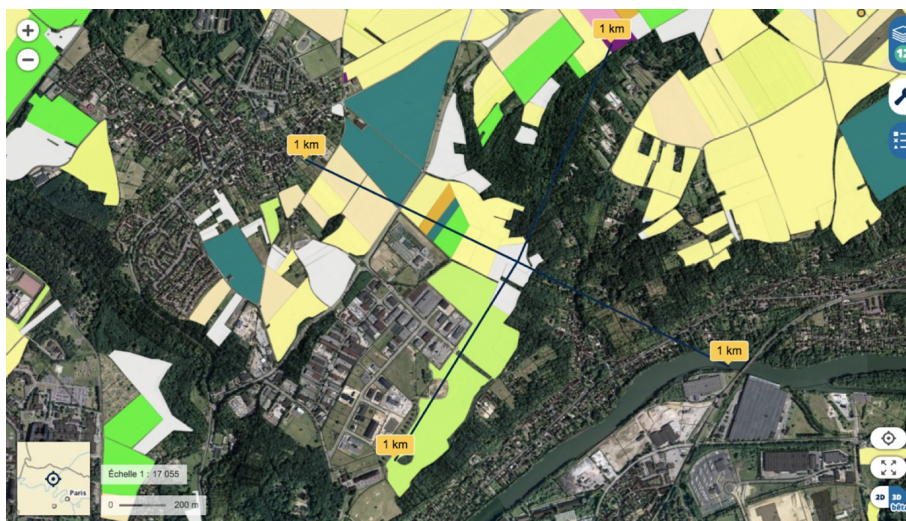
- En el entorno distante se estudia todo lo que se encuentra a 1 km de radio del aerogenerador de manera más general, es decir, los elementos que predominan en el paisaje.

Figura 19. Entorno distante de la parcela



En este caso, predominan las parcelas agrícolas al oeste del aerogenerador, al este predomina zona rural (pueblo), al norte predomina un bosque y al sur predominan parcelas industriales y prados.

Figura 20. Entorno distante de la parcela con los tipos de terreno diferenciados



- Finalmente, en el paisaje lejano se estudia todo aquello que se encuentra a 3 km de radio del aerogenerador.

A esta distancia se puede observar que tanto en el noroeste como en el noreste se encuentra una gran cantidad de parcelas agrícolas mientras que la zona del suroeste y sureste se encuentra muy urbanizada ya que se encuentra el municipio de Pontoise y el municipio de Saint- Ouen- l'Aumône.

Figura 21. Paisaje lejano de la parcela



A parte del entorno donde se encontrará la instalación eólica, hay que tener en cuenta el impacto visual, el acústico, el que se ejercerá sobre la fauna y también el que se ejercerá sobre el suelo.

Por un lado, el impacto visual está claro que son los 18 m de molino eólico que se encontrarán en el terreno con unas aspas de 4,5 m de largo; pero este efecto visual sería el mismo si se tuviera que instalar una torre eléctrica para suministrar electricidad a la vivienda. De manera





que el impacto visual de los aerogeneradores no sería una desventaja ya que, aunque no hubiera molino eólico, el impacto se trasladaría a una torre eléctrica. De otro modo, el impacto acústico es mínimo debido a que los aerogeneradores generan solo un 1% más de ruido que el ruido ambiente, de manera que es inapreciable. Por lo tanto, el impacto es casi nulo y permite tener el aerogenerador cerca de la casa ya que no molesta.

Después, por su parte, el impacto sobre la fauna sería menor que el que tendría la instalación de una torre eléctrica, debido a que el aerogenerador genera una serie de sonidos para ahuyentar a los animales, sobre todo a los pájaros ya que son a los que más afectan los molinos eólicos. Y, por último, el impacto que se genera en el suelo sería el mismo que el de una torre eléctrica ya que su peso es similar y los cimientos que se usan como soporte también.

De manera que podemos concluir diciendo que gracias a la tecnología puntera del aerogenerador E200 el impacto sería mínimo, y por lo tanto, el impacto ambiental que generaría el molino sobre el entorno no podría definirse como una ventaja para el terreno, pero tampoco como una desventaja ya que la instalación de una torre eléctrica acarrearía el mismo impacto. Como punto a favor para el aerogenerador, se puede decir que explota una energía renovable, lo cual quiere decir que es una energía limpia con igual impacto que una energía no renovable.

### **4.3. Alternativas de reducción del consumo energético**

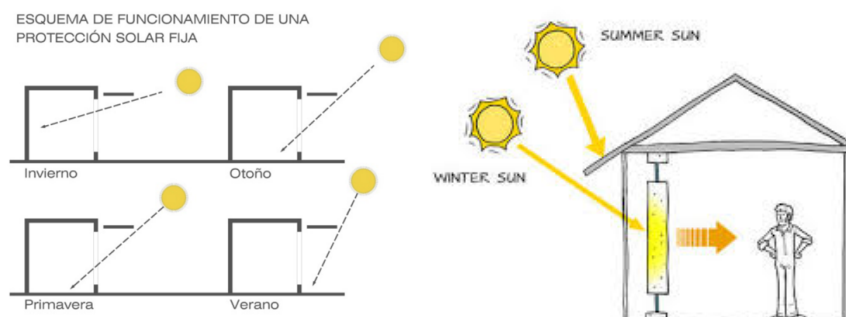
En el siglo en el que estamos, tanto la arquitectura como las energías renovables han mejorado gracias a las nuevas tecnologías y estudios que se han realizado durante estos últimos años. Las energías renovables cada vez son más eficientes y cada vez se usan más recursos naturales para generar energía; como el propio sol. Estas energías cada vez se aplican más en la construcción de inmuebles donde se apuesta por estas mismas para ayudar a autoabastecer nuevas viviendas. Además, aunque en arquitectura a parte del uso de las renovables, también se ha puesto de moda, el concepto casa pasiva, que consiste en aplicar diferentes conceptos de la arquitectura bioclimática para obtener casas con bajo consumo energético, que ha ido ganando importancia en el mundo de la construcción.

En el momento de abordar el diseño bioclimático de una edificación es fundamental conocer los sistemas más comúnmente utilizados relativos a las estrategias bioclimáticas más importantes. En general, de manera simplificada, lo fundamental es conseguir el confort térmico en la edificación y para ello podemos utilizar diversas estrategias que fundamentalmente, tienen que ver con el control de la radiación solar, el control de la

ventilación, el control de la iluminación natural, etc. Por lo tanto, teniendo en cuenta esto, si la casa no se pudiera autoabastecer solo con energía eólica se podrían aplicar las alternativas mencionadas anteriormente derivadas de otras energías renovables y sistemas pasivos.

Centrándonos por ejemplo en sistemas de control de la radiación solar, podríamos encontrar elementos tan simples y fijos como los propios voladizos. Estos, consisten en utilizar la orientación de sol para el beneficio de la casa; como bien se ve en la siguiente imagen los voladizos son estos elementos externos a la fachada que se aprovechan de la posición del sol en las diferentes estaciones para obtener energía térmica en los momentos necesarios y rechazarla en épocas más cálidas.

Figura 22. Esquema de un voladizo según la época del año. Extraído de: [knowledge.autodesk.com](http://knowledge.autodesk.com)



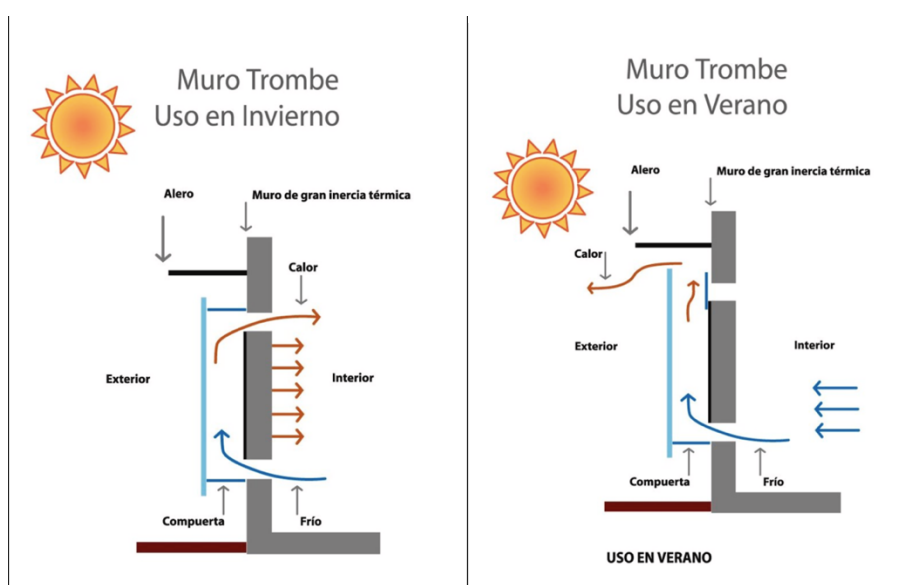
Dentro de los sistemas de control de la radiación solar, seguimos encontrando otros métodos simples de acondicionamiento bioclimático como son las protecciones de las ventanas mediante elementos tipo persianas, toldos, cortinas, porticones, etc. Este tipo de protecciones pueden ser útiles tanto en verano como invierno. En verano como pantalla contra la radiación solar, y en invierno como método de conservación de energía.

Siguiendo con estos sistemas de control de la radiación solar, también encontramos métodos más complejos, como podría ser el Muro Trombe. Un muro Trombe o muro Trombe-Michel es un muro o pared orientada al sol, preferentemente al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte, construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica (tales como piedra, hormigón, adobe o agua), combinado con un espacio de aire, una lámina de vidrio y ventilaciones formando un colector solar térmico (20).

Conceptualmente el Muro Trombe funcionaría de la siguiente manera: durante el día, los rayos del sol atraviesan la lámina de vidrio calentando la superficie oscura del muro y almacenando el calor en la masa térmica de éste. En la noche, el calor se escapa del muro tendiendo a enfriarse principalmente hacia el exterior (21). Pero cómo se encuentra con la lámina de vidrio el calor es entregado al interior del local. Debido a esto la temperatura media diaria del muro

es sensiblemente más alta que la media exterior. Si la superficie vidriada es mejorada en su aislamiento térmico (mediante doble o triple vidrio) la pérdida de calor hacia el exterior es mucho menor elevando la temperatura del local a calefactar. Esto permite que mientras en el exterior hay bajas o muy bajas temperaturas, el interior del local se encuentre en confort higrotérmico y adecuadamente diseñado y calculado se puede lograr una temperatura constante de 18 o 20 °C en el interior de la casa. En definitiva, su funcionamiento se basa en la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío, que provoca corrientes en una u otra dirección dependiendo de las trampillas que estén abiertas. Estas corrientes de aire caliente o templado calientan o refrescan introduciendo o extrayendo el aire caliente del edificio o las habitaciones donde se instale (22).

Figura 23. Esquema de utilización del muro Trombe en invierno y en verano. Extraído de: [plataformaarquitectura.cl](http://plataformaarquitectura.cl)



Como otra alternativa, tendríamos la iluminación natural que consiste en jugar con la orientación solar para aprovechar la luz natural y así ahorrar energía eléctrica y obtener energía calorífica natural. Para que una casa aproveche al máximo esta iluminación de tipo natural, dicha iluminación tendría que estar orientada al sur, ya que a la orientación este y oeste la exposición solar es solo de medio día y en invierno producen pequeñas ganancias de calor mientras que en verano estas ganancias son bastante más elevadas (en una casa se busca todo lo contrario, que en invierno tenga altas ganancias de calor y en verano bajas). Por otro lado, la orientación norte tampoco es idónea debido a la gran entrada de luz al atardecer y por la pérdida de calor en invierno.

Dejando de lado todos los sistemas más pasivos y técnicos de ahorro energético, se da paso a otros métodos donde la base es la producción energética en lugar del ahorro de esta. En este



caso, se refiere a todo tipo de energías renovables, centrándose principalmente en la solar, el tipo de energía renovable más implementado actualmente en el mundo. Es cierto, que debido a la localización geográfica de nuestro proyecto, la energía solar no sería nuestra primera opción (de ahí la realización de una instalación basada en un aerogenerador y no en unas placas solares), sin embargo, si es una energía que se debe tener en cuenta en caso de que algún fallo momentáneo o imprevisto pudiese ocurrir con nuestro aerogenerador que hiciese ver que se necesita otro sistema de abastecimiento en el caso de que la energía eólica no proporcionara la suficiente energía eléctrica como para satisfacer todas las necesidades de los inquilinos de la casa.



## **5. Presupuesto**

El precio total de la instalación (incluido el montaje) es de 95377,08€ para el E200, mientras que el el precio total de la instalación del E70 sería de 42432,06€ (sin conexión a la red eléctrica) y de 45607,06€ (con conexión a la red). Este presupuesto lo podemos dividir en dos subcategorías, el precio de los elementos a instalar, es decir, la maquinaria en sí misma y el montaje de dichos elementos en el terreno.

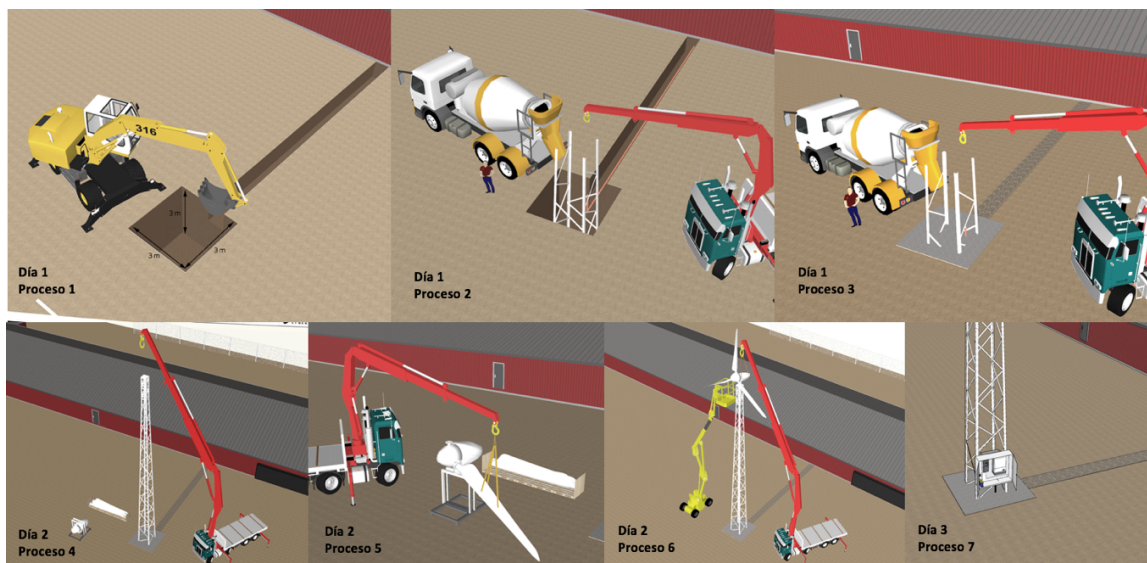
- Precio elementos a instalar del E70: esta subcategoría abarca la mayor parte del presupuesto, concretamente 37647,06€ sin conexión a la red eléctrica y 40822,06€ con conexión a la red eléctrica. De este precio, 7800,00€ son del aerogenerador, 6656,00€ son de los dos inversores, 16956,06€ son de las 3 baterías que se utilizan, 3410,00€ son de la torre, 1525,00€ de la conexión a las baterías y 3175,00€ si conectamos el aerogenerador a la red. Además, como extra, podemos añadirle el Battery Brake y el Storm Detection por 1300,00€ más sobre el precio. Al aerogenerador lo conectaremos tanto a baterías como a red y también le añadiremos el extra de Battery Brake y Storm Detection por seguridad, por lo tanto, el precio de esta subcategoría sería de 40822,06€. Los precios mostrados para inversores y baterías es el total invertido para las unidades necesarias; para ver el precio unitario de estos elementos consultar anexo 3
- Precio elementos a instalar del E200: esta subcategoría abarca la mayor parte del presupuesto, concretamente 90592,08€ del total que se destinan al aerogenerador E200, a la torre y a las conexiones a red y baterías (58000€), los tres inversores ( 9984,00€) y las cuatro baterías (22608,08€). Los precios mostrados para inversores y baterías es el total invertido para las unidades necesarias; para ver el precio unitario de estos elementos consultar anexo 3.
- Precio del montaje: esta subcategoría engloba todo el montaje de los aerogeneradores. Este montaje conllevaría un periodo total de cinco a quince días divididos en siete procesos distintos.
  - Día 1, Proceso 1: Excavar en el lugar donde se colocara el aerogenerador un agujero de 3x3x3 metros ( que es el volumen recomendado para torres de entre 18 y 20 metros de altura). Se recomienda cimentar las paredes con hormigón



para darle más resistencia. Este proceso necesita de una excavadora y un técnico de supervisión y el tiempo aproximado de realización de tres a cuatro horas.

- Día 1, Proceso 2: Este proceso consiste en colocar el primer tramo de torre, para realizar esto, y estando el agujero ya hecho, hay que poner el tubo de cableado e insertar el primer tramo de la torre para poder echar el hormigón después. Este trabajo requiere de una grúa pequeña para colocar la torre y un técnico instalador. Su tiempo de trabajo se estima en ocho horas.
- Día 1, Proceso 3: Aquí se debe dejar solidificar la cimentación. En función del tipo de hormigón utilizado este puede tardar de tres a diez días en endurecerse. Una vez esté consolidado se procederá a realizar el siguiente paso de la instalación.
- Día 2, Proceso 4: Una vez transcurrido el tiempo necesario para la solidificación del hormigón se procede a montar la torre, en su totalidad, sobre el tramo cimentado. Para ello se necesita una grúa estándar y el trabajo de dos personas. Este proceso abarca un tiempo aproximado de cuatro horas.
- Día 2, Proceso 5: Montar las palas del aerogenerador en el buje. Primero se montan las palas de la parte inferior y luego la pala superior. Para este montaje se recomienda la asistencia de dos personas más la ayuda de la grúa para levantar las palas y colocarlas en su sitio. Aproximadamente, la duración de esta actividad sería de tres horas.
- Día 2, Proceso 6: Estando ya las palas montadas se necesita elevar el aerogenerador y atornillarlo a la torre. Una vez la grúa tiene situado el aerogenerador sobre la torre dos operarios, desde una plataforma elevadora, atornillan el aerogenerador a la torre y hacen las conexiones eléctricas de los cables entre la torre y la góndola. Este proceso acarrea un tiempo de dos horas.
- Día 3, Proceso 7: Una vez montado el aerogenerador, en este último día, dos operarios se dedican a realizar la instalación eléctrica, conexiones y puesta en marcha de la instalación. Esta última fase conlleva un total aproximado de seis horas de trabajo.

Figura 24. Paso a Paso. Extraído de: enair.es



Una vez explicados todos estos procesos, hace falta mencionar que el precio total de la instalación de los elementos sería de 4785,00€. Este precio hace falta fraccionarlo entre los diferentes elementos que se han utilizado en este montaje. El gasto en operarios y personal técnico será de 25,00€ la hora, trabajando un total de 49h lo que, sumando, nos da un total de 1225,00€. Por otro lado tenemos la maquinaria: la excavadora tiene un coste de 50,00€ la hora, con un tiempo de trabajo de 3h lo cual conlleva un coste total de 150,00€; la grúa tiene un coste de 80€ la hora, con un tiempo de trabajo de 19h, lo cual hace de coste total 1520,00€; por último, el hormigón supone un coste de 70,00€ el m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que nuestro agujero es de 27m<sup>3</sup>, el gasto total sería de 1890,00€ (23).





## **6. Planos**

El plano 1 (anexo 5) representa un plano acotado del terreno, necesario para poder situar todos los componentes de los que posteriormente hablaremos más concretamente, en el que encontramos diferentes elementos repartidos por los 5834 m<sup>2</sup> de nuestra parcela. Dichos elementos son: la vivienda junto con sus zonas recreativas (piscina y pista de tenis) y el aerogenerador. Concretamente centrándonos en este segundo elemento (el aerogenerador), cabe especificar que lo hemos situado a 27 metros de las parcelas colindantes por seguridad.

Hablando con más profundidad sobre el terreno, no podemos obviar el tema de la pendiente, básico para saber donde debemos posicionar el aerogenerador. En el plano 2 (anexo 5) encontramos el estudio de dicha pendiente; aquí explicamos como nuestra parcela se halla entre dos curvas de nivel, por lo tanto, existe, aunque sea mínima, una cierta pendiente. Los símbolos negros en forma de “L” mayúscula que vemos en el gráfico fuera de nuestra parcela son los que nos indican los puntos (o esquinas) del terreno escogidos para calcular la pendiente; es decir, hemos trazado una línea desde el punto “A” hasta el punto “B”, que representan el límite de la sección con máxima pendiente de la superficie de nuestra propiedad, para estimar su pendiente, que resulta ser de un 3,7%.

Al tratarse de una pendiente muy ínfima (3,7%), nos vemos con la oportunidad posicionar el aerogenerador lo suficientemente alejado de las parcelas colindantes para poder cumplir la distancia de seguridad necesaria para poder utilizarlo; ya que, si la pendiente fuese más pronunciada, nos veríamos en la obligación de situar el aerogenerador en la esquina más alta del terreno pero por seguridad no podríamos, lo cual nos impediría realizar todo este proyecto de manera tan efectiva porque el rendimiento del aerogenerador sería menor. Este menor rendimiento se debería al hecho de perder cierta altura debido a un alto porcentaje de pendiente ya que cuanto mayor sea la pendiente, la altura ira decreciendo. no es lo mismo tener una pendiente de un 3% que es casi mínima que una de 15% que ya afecta a la altura.

El plano 3 (anexo 5) nos viene a mostrar que tratamos con dos tipos diferentes de aerogeneradores, el E70 y el E200. Como podemos observar, el E200 tiene un diámetro mayor que el E70 (concretamente de 9,8 metros del E200 contra los 4,3 metros del E70), además, la longitud de ambos también es distinta, el E70 tiene una longitud de 3,4 metros, mientras que la longitud del E200 es de 2,3 metros. Gracias a estos datos nos damos cuenta de que el aerogenerador E70 es alargado mientras que el E200 es más robusto. La disposición en la que





se encuentran resulta indiferente ya que ambos cambian de dirección según donde sople el viento.

Después de haber mostrado los aerogeneradores, nos encontramos con la línea eléctrica que viene explicada en el plano 4 (anexo 5). Primero tenemos la línea “original” que es la que parte directamente del aerogenerador, cuya energía se suministra a la finca, y la sobrante se acumula en las baterías. De esta línea original, parten otras tres líneas paralelas: una que es para la iluminación general de la finca, otra que es para las zonas deportivas (pista de tenis) y una última que es la de la vivienda. Esta última línea se sub-divide en otras 5 distintas, donde tenemos: una línea para la iluminación, una segunda línea para los enchufes, una tercera para la lavadora y la secadora, una cuarta para la cocina, y una quinta para la instalación provisional del sistema de climatización (en esta no hay nada aún, pero si algún día se quisiese instalar alguna clase de equipo de climatización, la instalación ya estaría hecha).

Volviendo a hablar sobre los aerogeneradores, hace falta especificar que la instalación eléctrica es la misma para ambos, tal como se ve en los planos 5 y 6 (anexo 5). La energía que se genera en el aerogenerador pasa una especie de caseta donde encontramos los inversores, que cambian la energía de corriente continua a alterna para poder utilizarla, las baterías, donde se acumula la energía que no se utiliza, y de donde parte la conexión a la red eléctrica y la conexión a la red propia de autoabastecimiento. Centrándonos en la red propia (“original”), como ya hemos visto anteriormente, se sub-divide en 3 líneas: la primera en amarillo, que es la encargada de la iluminación general de la finca; la segunda en azul, que es la de las zonas deportivas; y por último la tercera en verde, que es la propia de la vivienda donde existe un mayor consumo de energía.

Esta última línea verde que abastece a toda la vivienda, y se encuentra sub-dividida en 5, la mostramos en el plano 7 (anexo 5). La primera línea sería la de iluminación donde encontramos lo que denominamos como tiras LED de diferentes tamaños, las luces, y las luces espejo. A continuación, tenemos la segunda línea que cubre todos los enchufes de la casa donde por ejemplo conectaremos aparatos como la televisión, los móviles, ordenadores, entre otros. Después nos encontramos con una tercera línea que se encargará de subministrar la energía necesaria a la lavadora y la secadora de la casa que se encuentran en la cocina. En seguida también tenemos la cuarta línea denominada “cocina” porque encontramos otros electrodomésticos como el horno, el lavavajillas, la vitrocerámica, la nevera, el extractor de aire y el microondas. Y por último la quinta línea que abarca la instalación provisional del sistema de climatización.

## **7. Conclusiones**

Tal y como hemos podido observar en las páginas anteriores, los objetivos del proyecto se han alcanzado. Dichos objetivos alcanzados, se han derivado del propósito principal, que siempre ha sido el demostrar que una casa aislada, concretamente en la zona de Pontoise, puede autoabastecerse a partir de la energía eólica proporcionada por un aerogenerador propio. Para alcanzar dicho propósito, se han realizado varios estudios (con sus respectivos objetivos puntuales): el estudio del viento, el propio consumo de la parcela, el estudio de la pendiente del terreno escogido, y la selección de uno (o varios) aerogenerador/es concreto/s.

En dicho estudio del viento concluimos que, en los dos años de análisis realizados, las direcciones predominantes son la norte, la sur, la suroeste y la oeste, de manera que el aerogenerador que escojamos deberá poder rotar según la dirección del viento. También se ha observado que el viento es un recurso variable pero que por las mañanas su velocidad aumenta hasta que es mediodía, momento en el que esta se estabiliza y empieza a disminuir por la tarde. Asimismo, después de realizar un estudio del consumo aproximado de 4 personas que conviven en la misma parcela, y teniendo en cuenta los meses del año y las horas de luz, se concluye que tendrían un gasto aproximado de 15094,13 kWh, cantidad que cualquiera de los dos aerogeneradores propuestos en el proyecto podrían llegar a producir. Además, también ha sido importante estudiar la pendiente del terreno para saber donde posicionar el aerogenerador, al tener una pendiente de 3,7% no ha sido un hándicap en el proyecto por lo que el aerogenerador se ha situado donde se prefiriese respetando la legislación francesa.

En este proyecto se han estudiado dos aerogeneradores distintos, uno que produce lo justo y necesario para autoabastecer la vivienda y sus elementos tanto internos como externos (E70) y otro que genera energía suficiente para autoabastecer la casa y producir un excedente para venderlo y obtener beneficios (E200). Gracias a este análisis, se ha llegado a la conclusión de que a largo plazo la instalación de un aerogenerador sería más rentable que el uso de la electricidad que nos llega mediante la red tradicional por dos motivos: es renovable, y el hecho de que aunque el aerogenerador supone una gran inversión al principio (que se recuperará), luego te ahorras el estar pagando mes a mes la factura de la luz. Claro que, cada aerogenerador conlleva una rentabilidad distinta que ya hemos apreciado con anterioridad en la fase de amortización.

En definitiva, este proyecto realizado en Pontoise puede llevarse a cabo debido a que las ráfagas de viento, la poca pendiente del terreno y su propia localización crean las condiciones idóneas



para el uso de la energía eólica como fuente principal para generar la electricidad necesaria que pueda abastecer una vivienda.



## **Bibliografia**

1. Fthenakis, V.; Kim, H. C. (2009). "Land use and electricity generation: A life-cycle analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (6–7): 1465.
2. Walwyn, David Richard; Brent, Alan Colin (2015). "Renewable energy gathers steam in South Africa". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 41: 390.
3. Gipe, Paul (1993). "The Wind Industry's Experience with Aesthetic Criticism". *Leonardo*. 26 (3): 243–248.
4. Holttinen, Hannele; et al. (September 2006). "Design and Operation of Power Systems with Large Amounts of Wind Power". IEA Wind Summary Paper, Global Wind Power Conference 18–21 September 2006, Adelaide, Australia.
5. Armaroli, Nicola; Balzani, Vincenzo (2011). "Towards an electricity-powered world". *Energy & Environmental Science*. 4 (9): 3193.
6. Platt, Reg (January 2013) "Wind power delivers too much to ignore", *New Scientist*.
7. Platt, Reg; Fitch-Roy, Oscar and Gardner, Paul (August 2012) "Beyond the Bluster why Wind Power is an Effective Technology". Institute for Public Policy Research.
8. Jacobsen, Henriette (15 de Enero de 2016). "New record-breaking year for Danish wind power". <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/denmark-breaks-itsown-world-record-in-wind-energy/> Último acceso: 27 de Junio de 2018
9. The World Wind Energy Association (2014). 2014 Half-year Report. WWEA. pp. 1–8.
10. Wind in power: 2015 European statistics. EWEA. <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf> Último acceso: 28 de junio de 2018
11. "10 características del clima oceánico" <https://www.caracteristicas.co/clima-oceanico/> Último acceso: 20 de Mayo de 2018
12. <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/pontoise/07053.html?metar> Último Acceso: 1 de Septiembre de 2018
13. "Horas sol y luna en París". <https://www.tutiempo.net/paris.html?datos=calendario#cal> Último acceso: 18 de Mayo de 2018
14. "Iluminación LED para pistas de Tenis" (2015). <http://ledsindriver.es/blog/?p=147> Último acceso: 24 de Mayo de 2018
15. Figueredo, Conrado Moreno. "El Rotor de una turbina eólica". <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia38/HTML/articulo04.htm> Último



acceso: 4 de Junio de 2018

16. <https://www.enair.es/en/small-wind-turbines/e70pro> Último acceso: 19 de Junio de 2018
17. <https://www.enair.es/en/small-wind-turbines/e200> Último acceso: 19 de Junio de 2018
18. (+20, pp. 30-31) Lentheric, Michel; Courteau, Roland. “Petit Éolien: Le Guide”.  
[http://www.ermenergies.com/downloads/Guide\\_du\\_petit\\_%C3%A9olien\\_FR.pdf](http://www.ermenergies.com/downloads/Guide_du_petit_%C3%A9olien_FR.pdf). pp.20-21
19. APPA Mineólica. “Recomendaciones para la autorización de instalaciones minieólicas de competencia municipal”.  
[https://reoltec.net/wpcontent/uploads/2017/07/2017\\_07\\_recomendaciones\\_para\\_autorizacion\\_insts\\_epp\\_comp\\_municipal-borrador.pdf](https://reoltec.net/wpcontent/uploads/2017/07/2017_07_recomendaciones_para_autorizacion_insts_epp_comp_municipal-borrador.pdf) pp. 4;11-15.
20. Mazria, Edward (1979). *The Passive Solar Energy Book*. Emmaus, PA: Rodale Press.
21. Mc Phillips, Martin. 1985. *Viviendas con Energía Solar Pasiva*. Gustavo Gili
22. Bardou, Patrick. 1980. *Sol y Arquitectura*. Ed. Gili, Barcelona
23. <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e200> Último acceso: 12 de Junio de 2018

## Anexos

### 1. Anexo 1: Estudio de Vientos

Figura 1: Rosa de vientos de enero de 2015

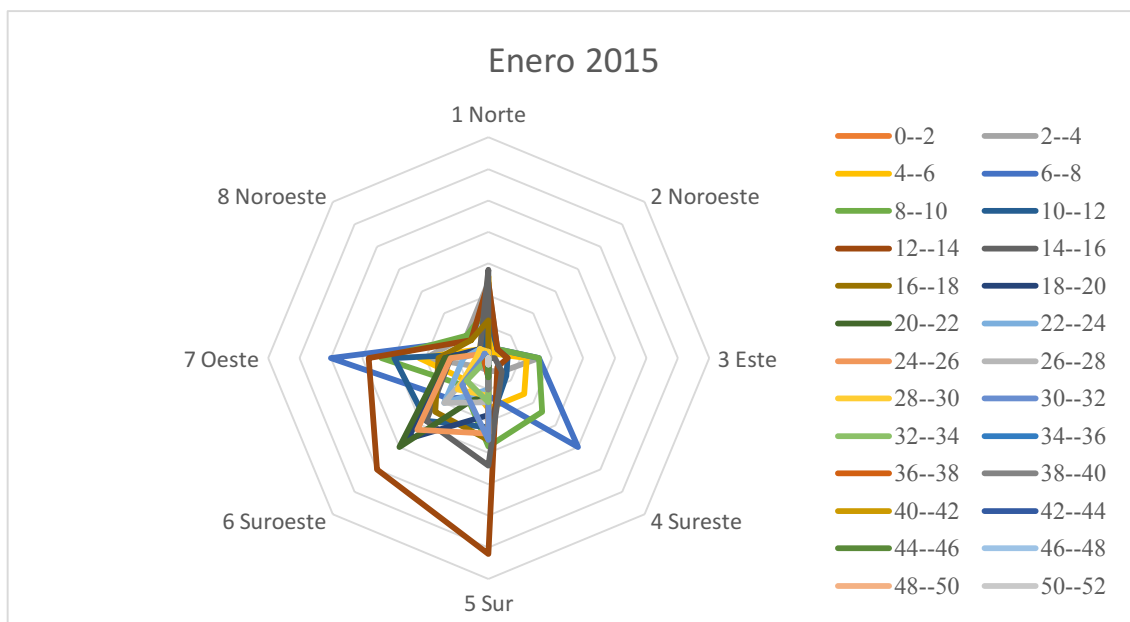


Figura 2: Rosa de vientos de febrero de 2015

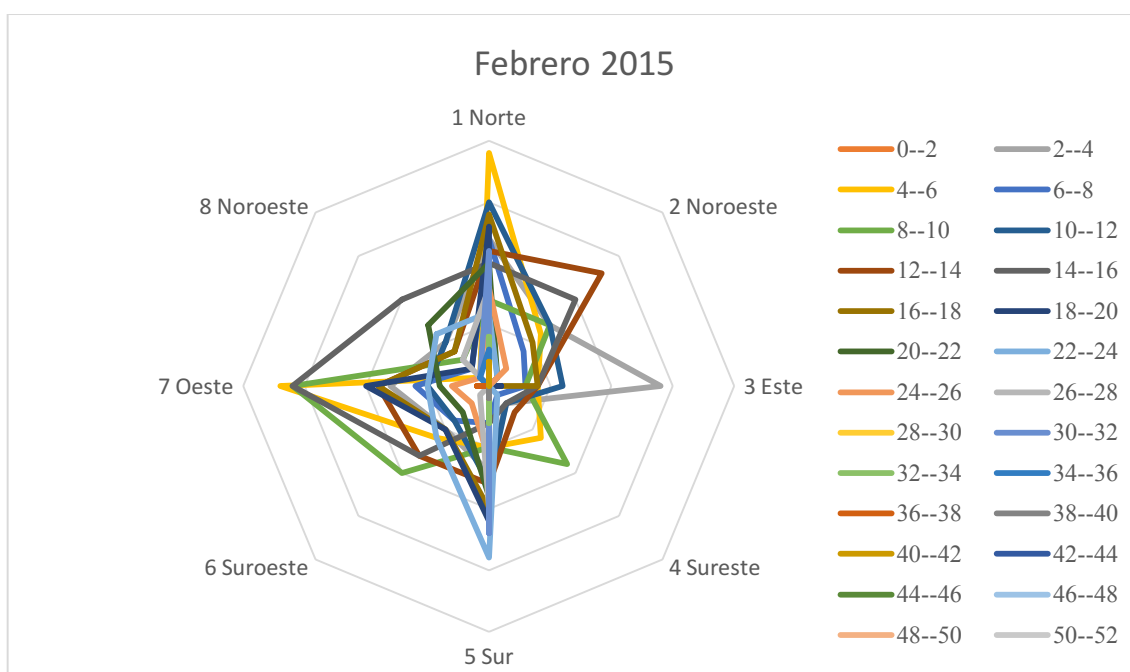




Figura 3: Rosa de vientos de marzo de 2015

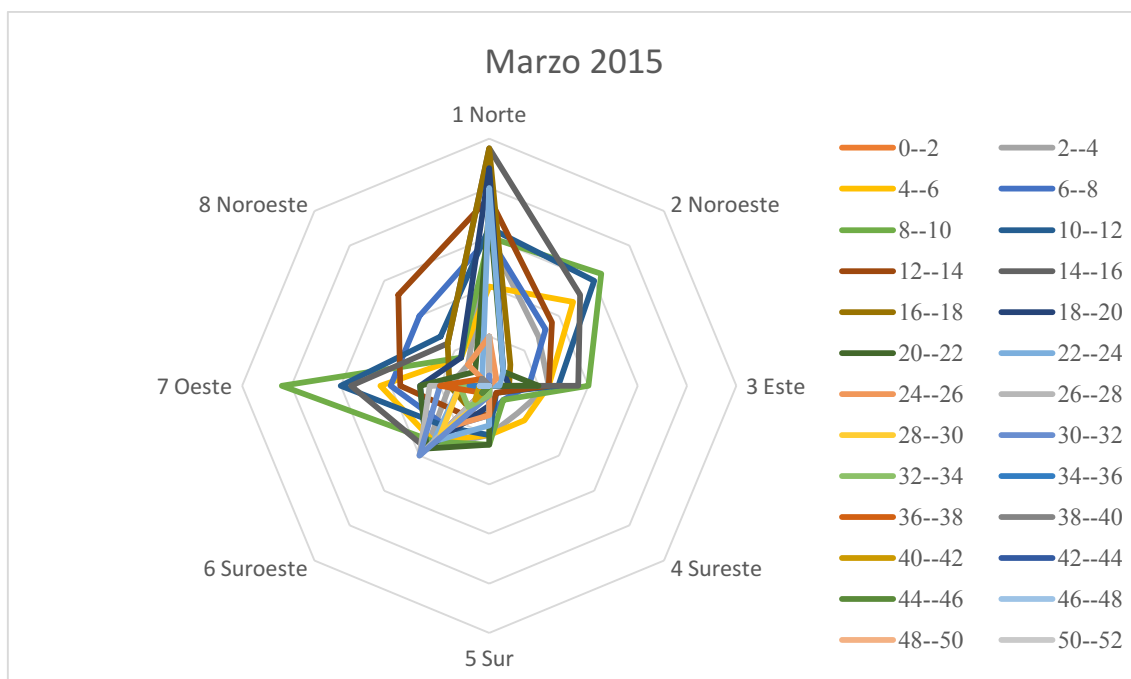


Figura 4: Rosa de vientos de abril de 2015

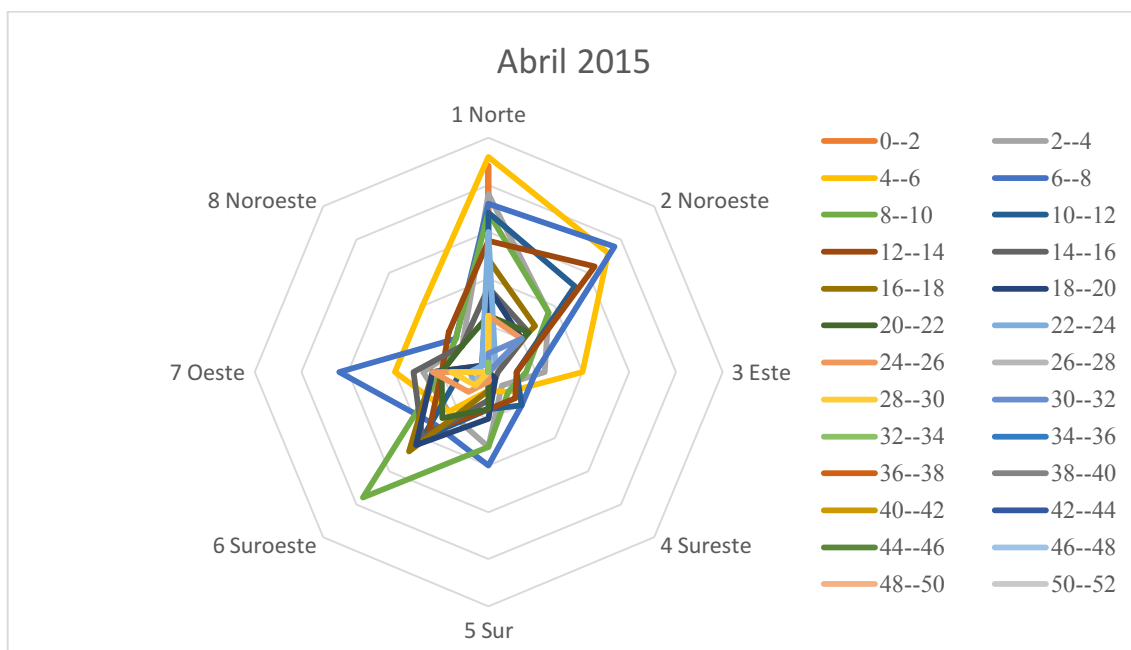


Figura 5: Rosa de vientos de mayo de 2015

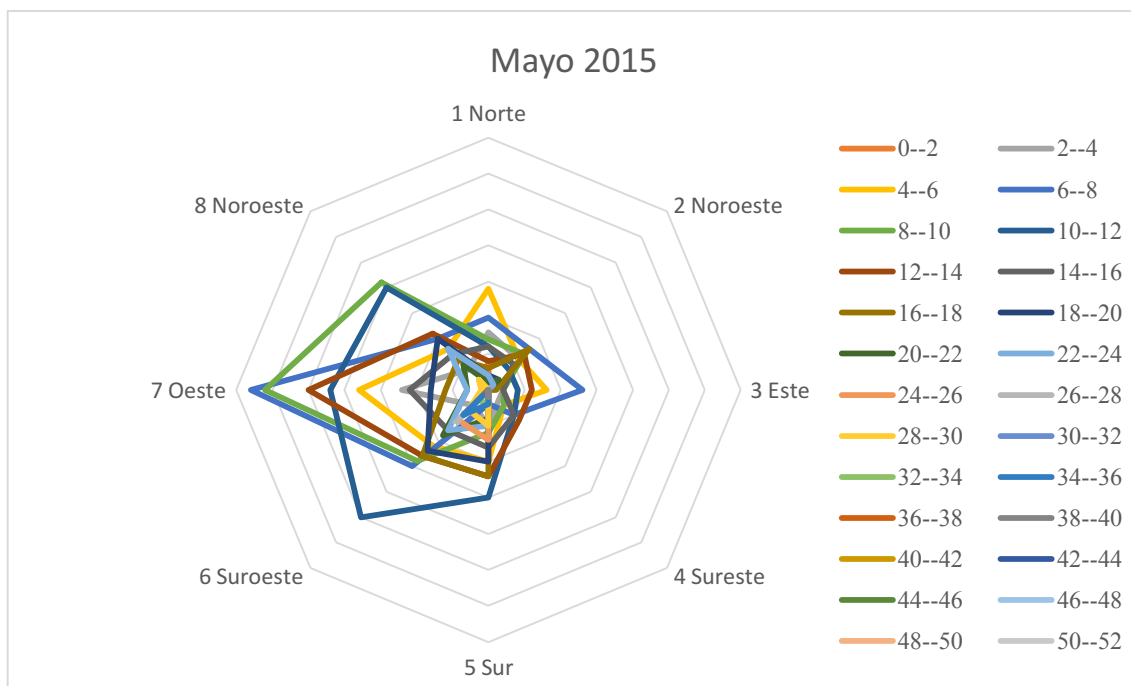


Figura 6: Rosa de vientos de junio de 2015

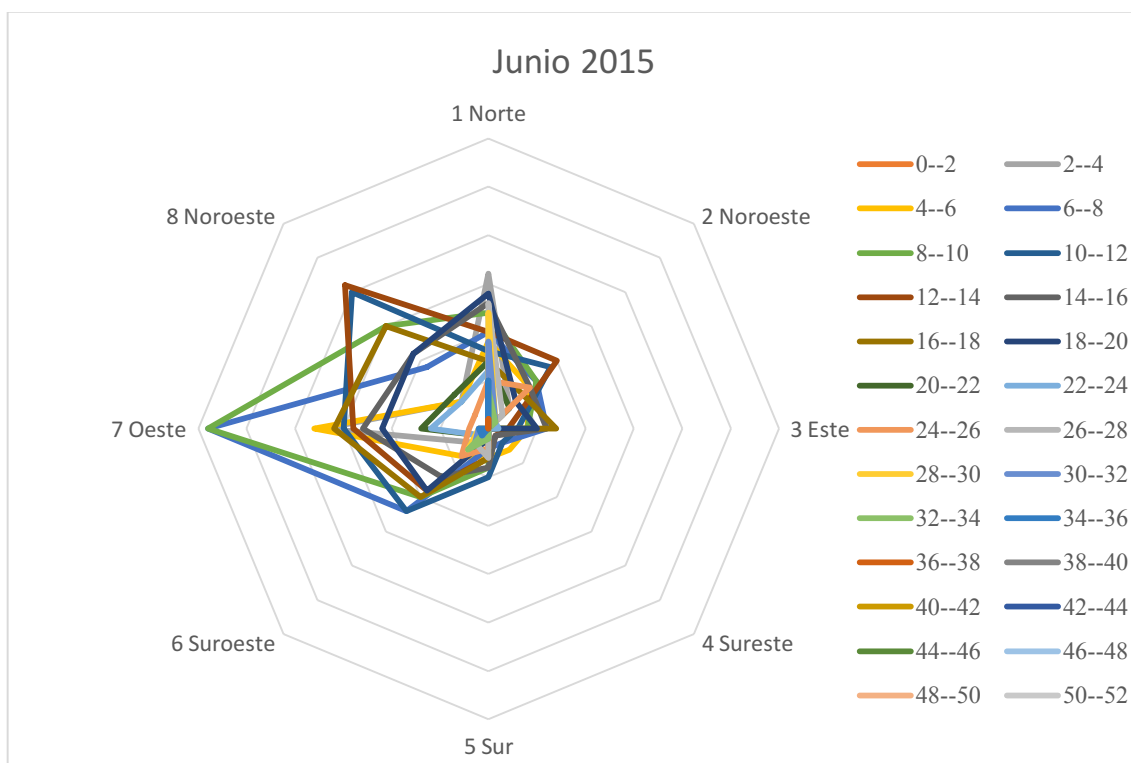






Figura 7: Rosa de vientos de julio de 2015

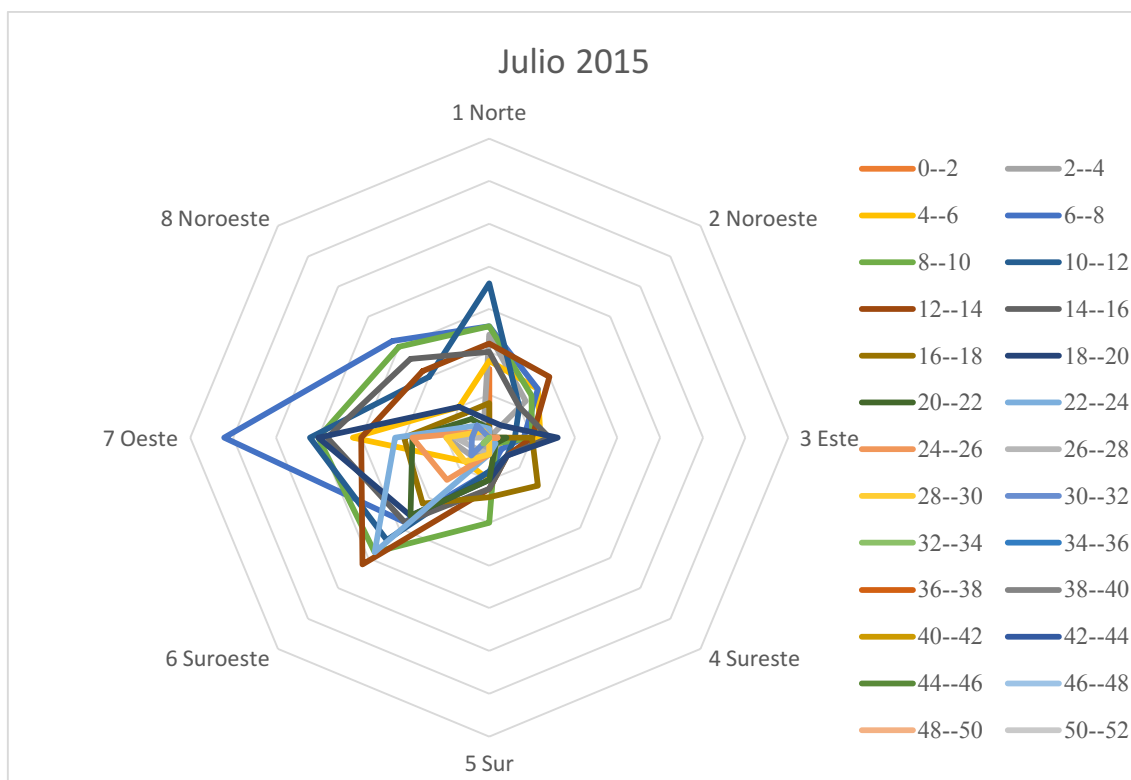


Figura 8: Rosa de vientos de agosto de 2015

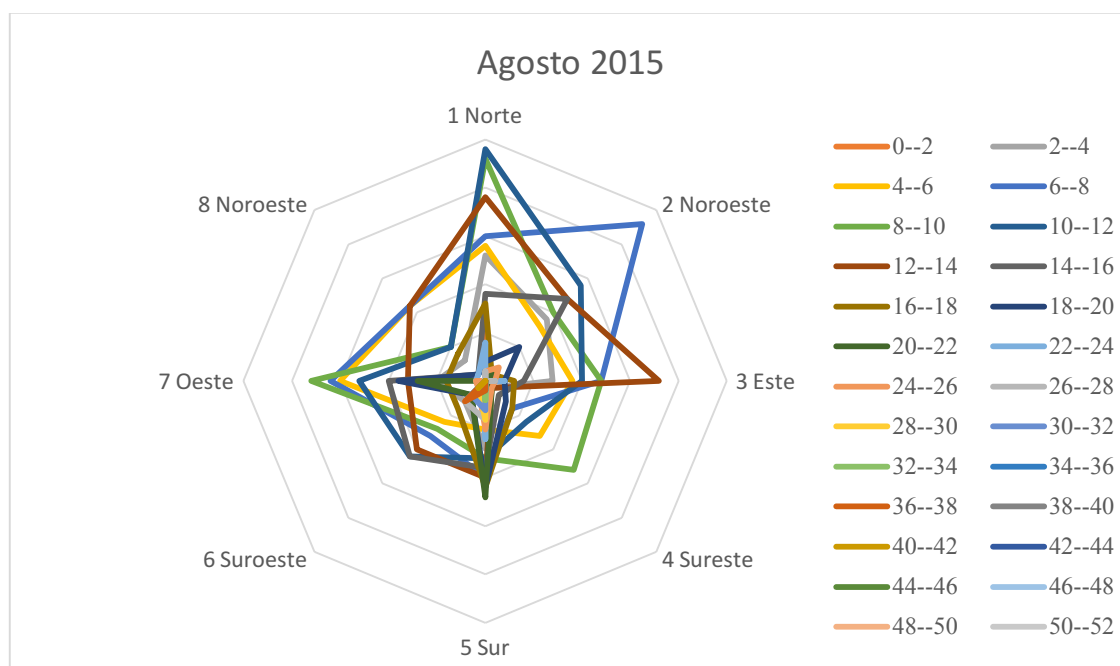


Figura 9: Rosa de vientos de septiembre de 2015

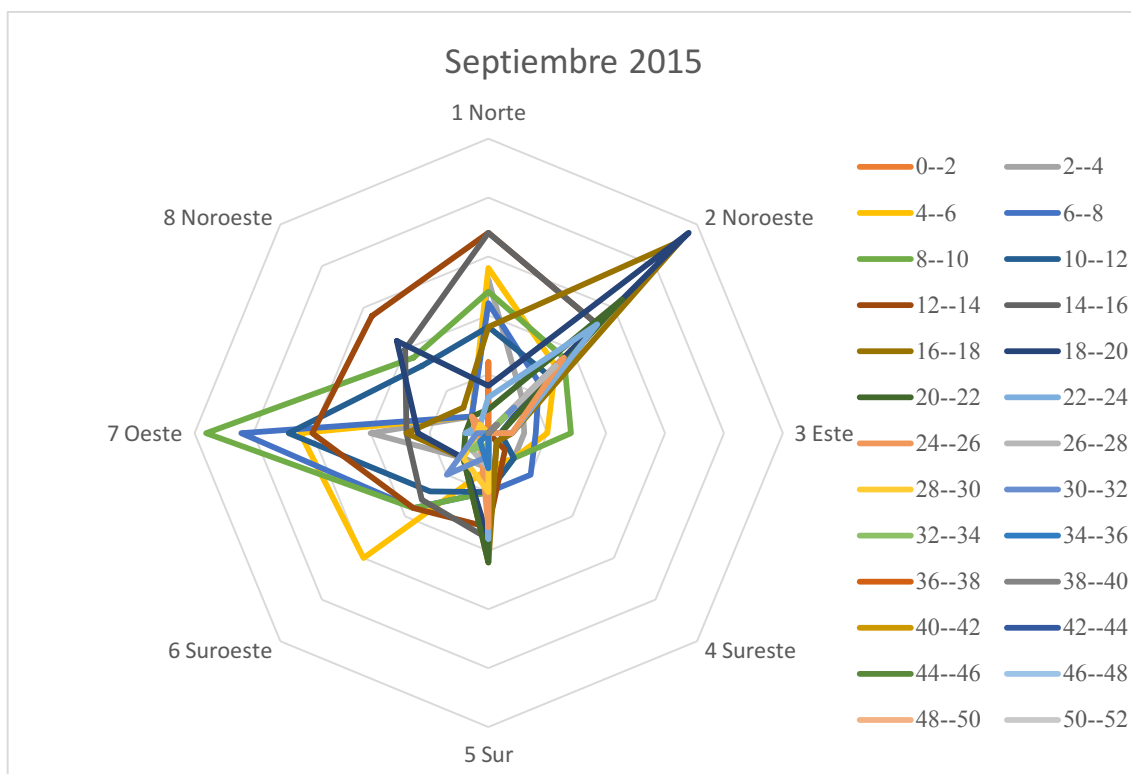


Figura 10: Rosa de vientos de octubre de 2015

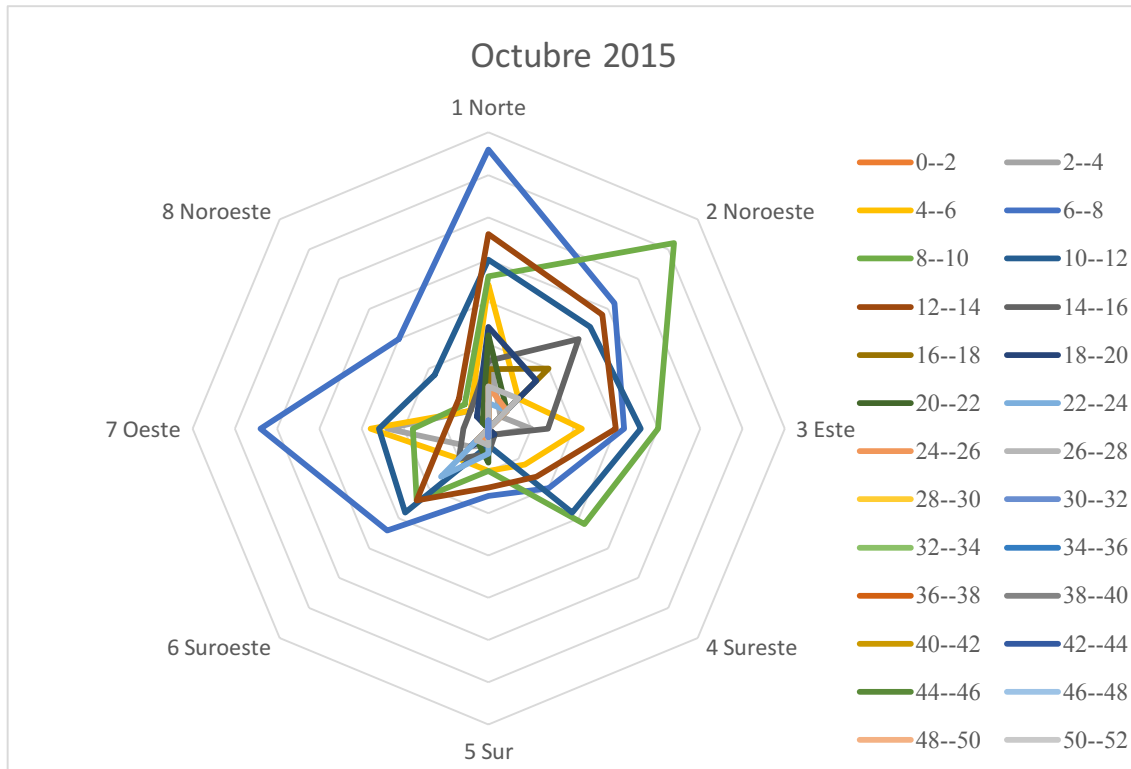




Figura 11: Rosa de vientos de noviembre de 2015

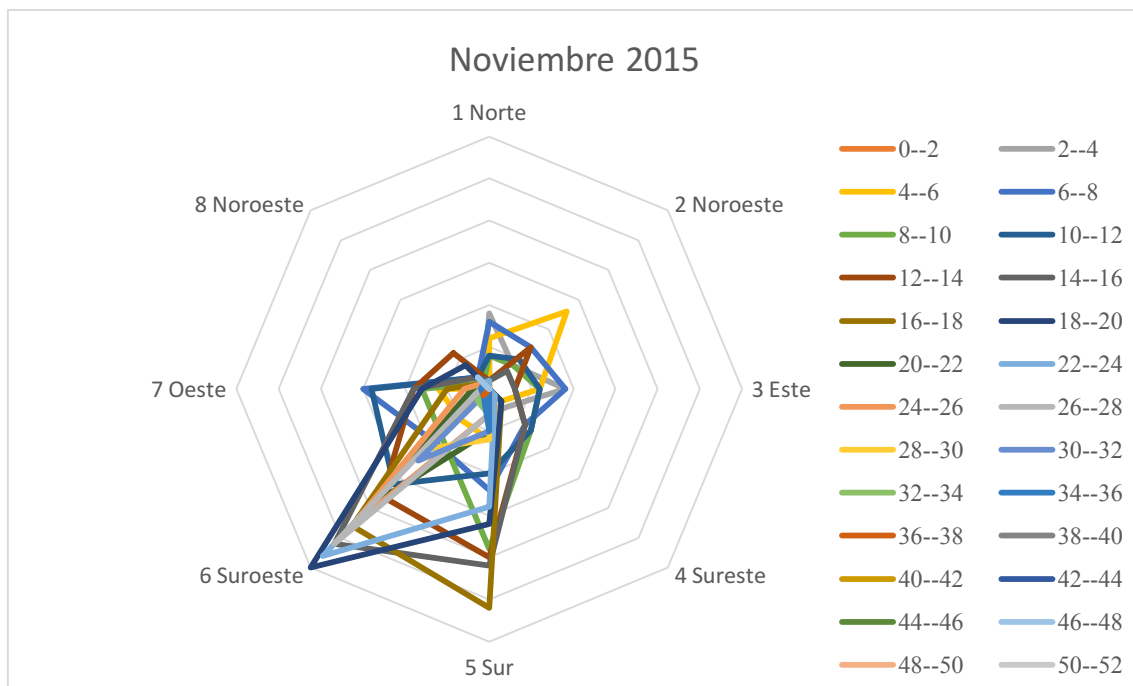


Figura 12: Rosa de vientos de diciembre de 2015

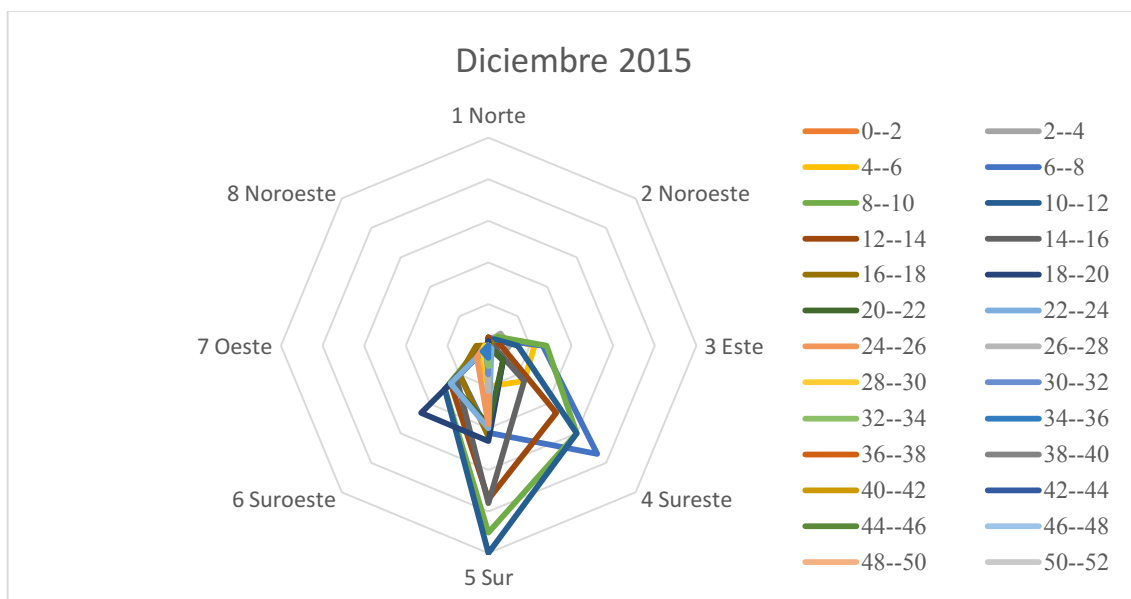




Figura 13: Rosa de vientos de enero de 2016

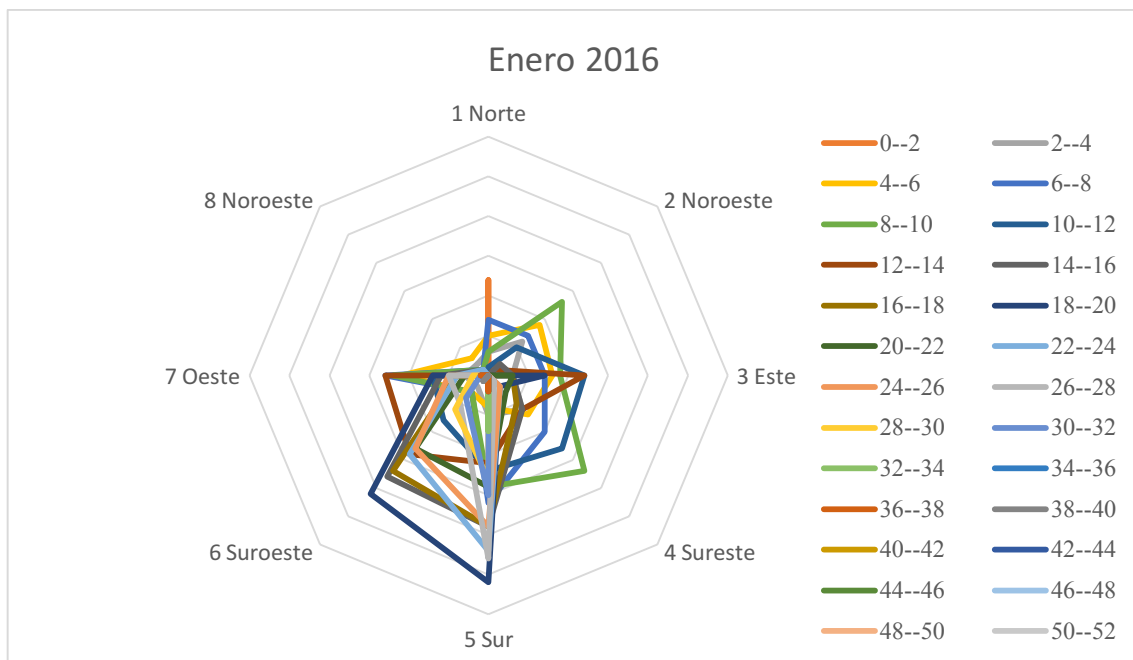


Figura 14: Rosa de vientos de febrero de 2016

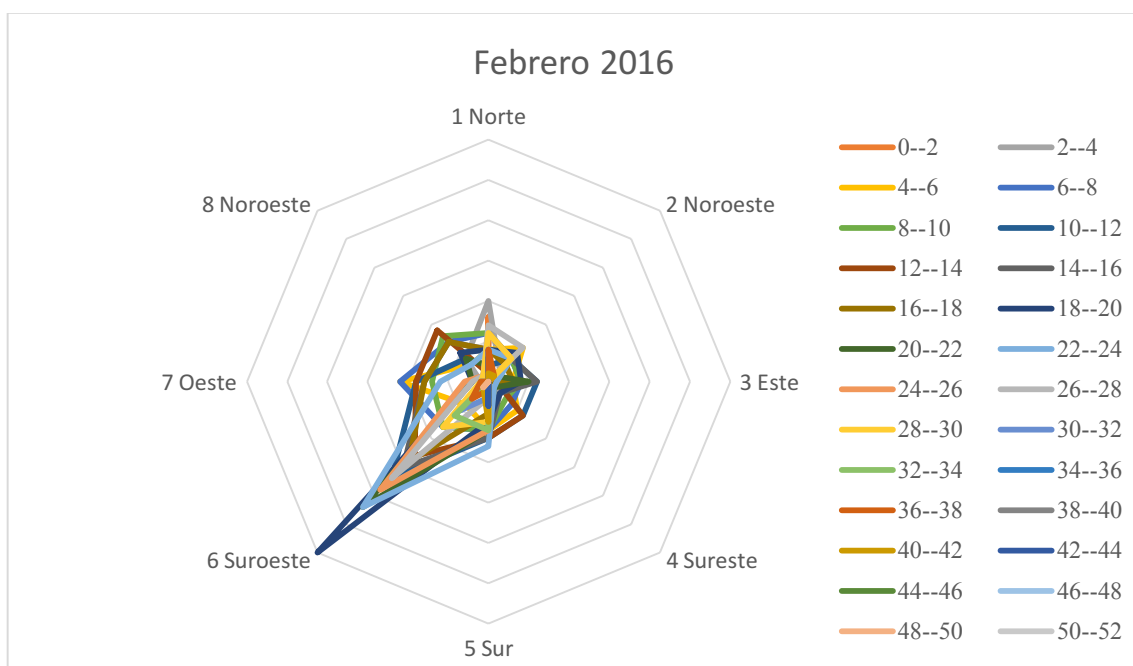




Figura 15: Rosa de vientos de marzo de 2016

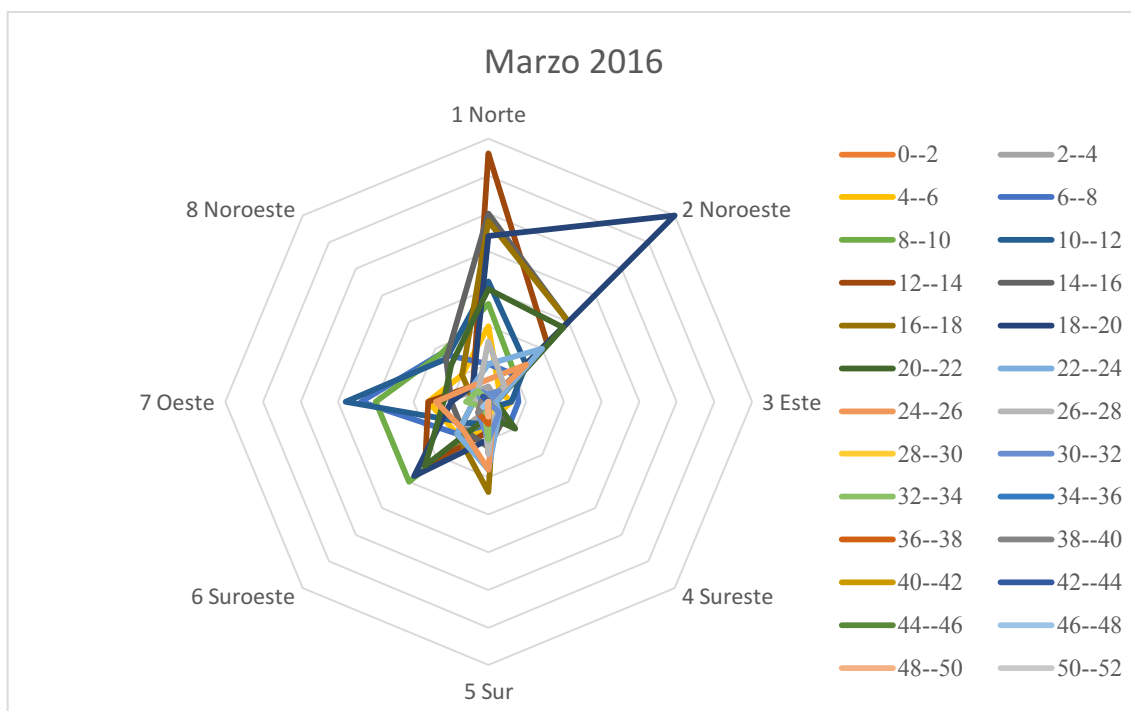


Figura 16: Rosa de vientos de abril de 2016

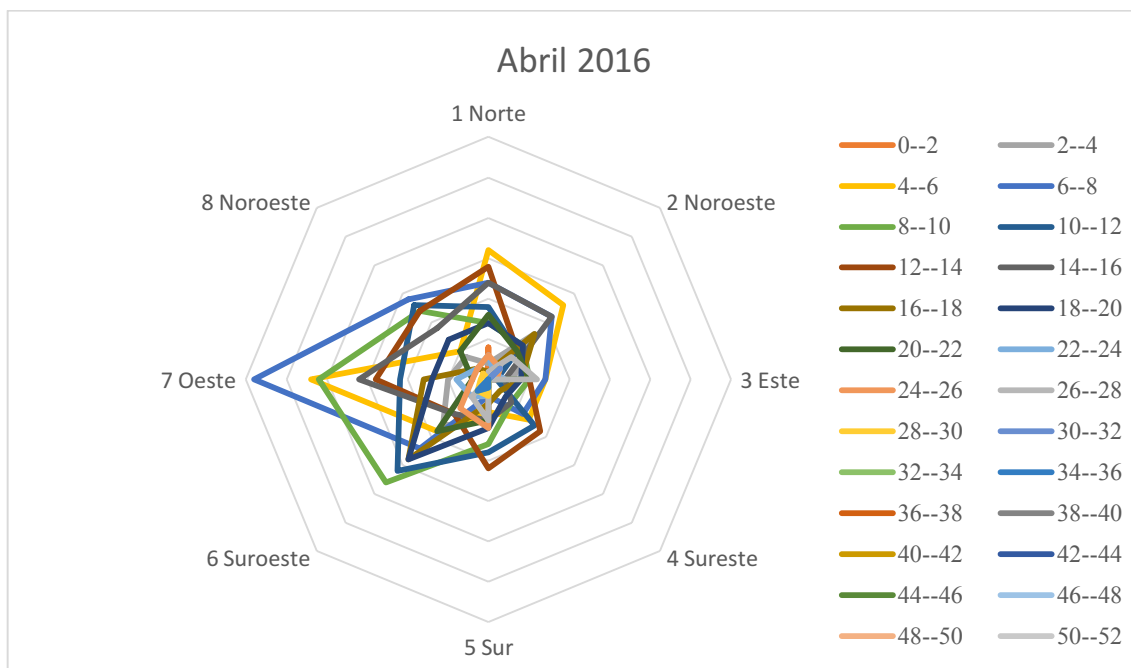


Figura 17: Rosa de vientos de mayo de 2016

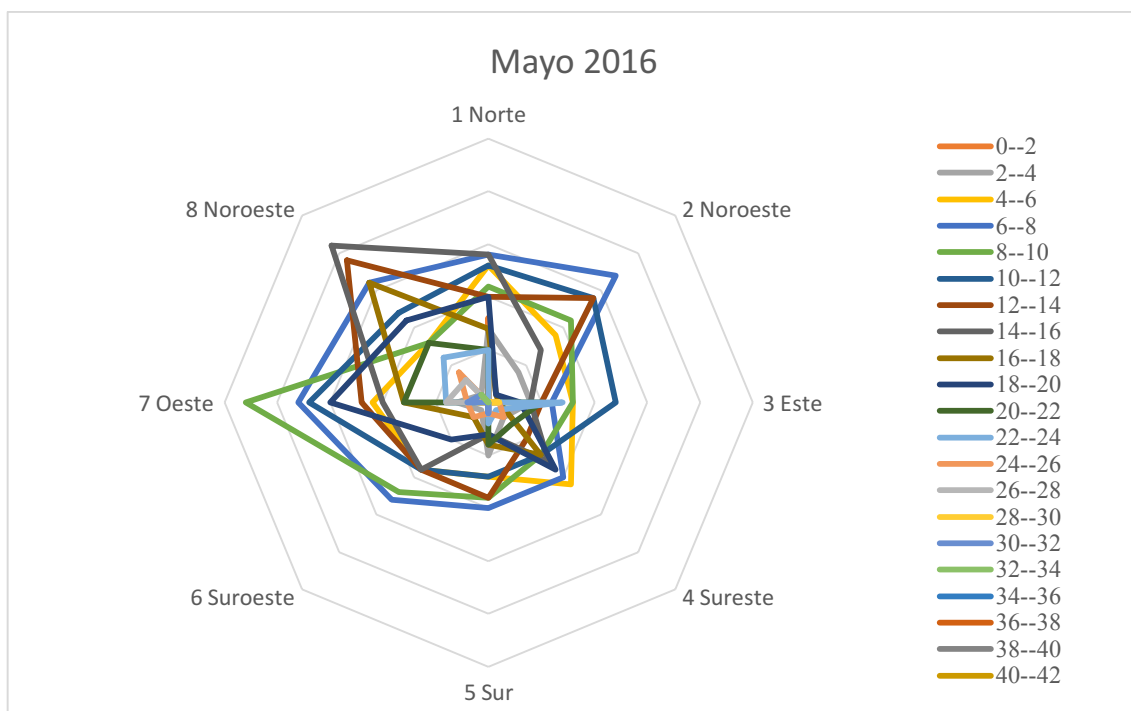


Figura 18: Rosa de vientos de junio de 2016

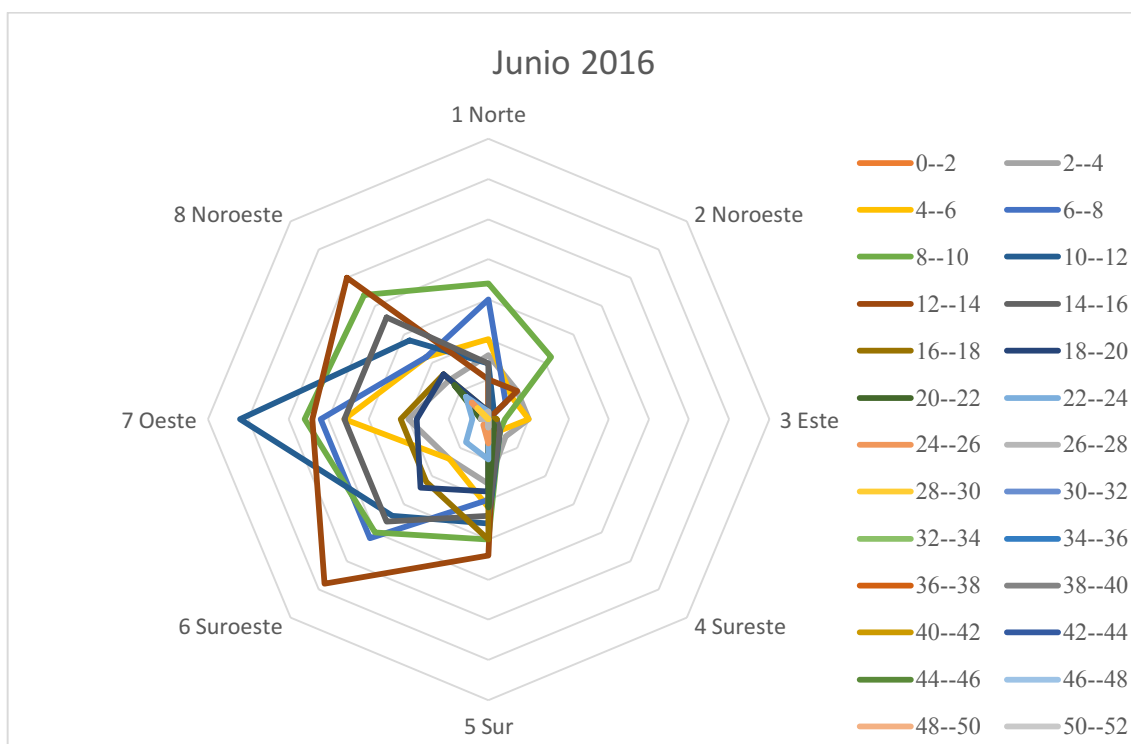




Figura 19: Rosa de vientos de julio de 2016

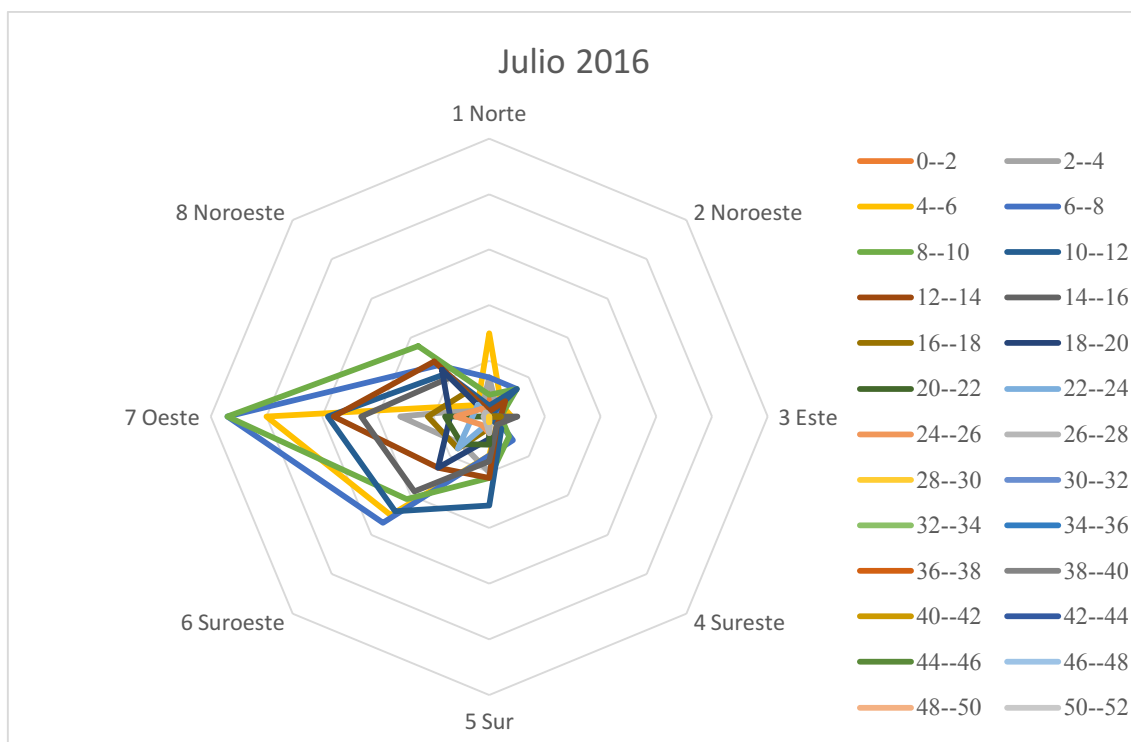


Figura 20: Rosa de vientos de agosto de 2016

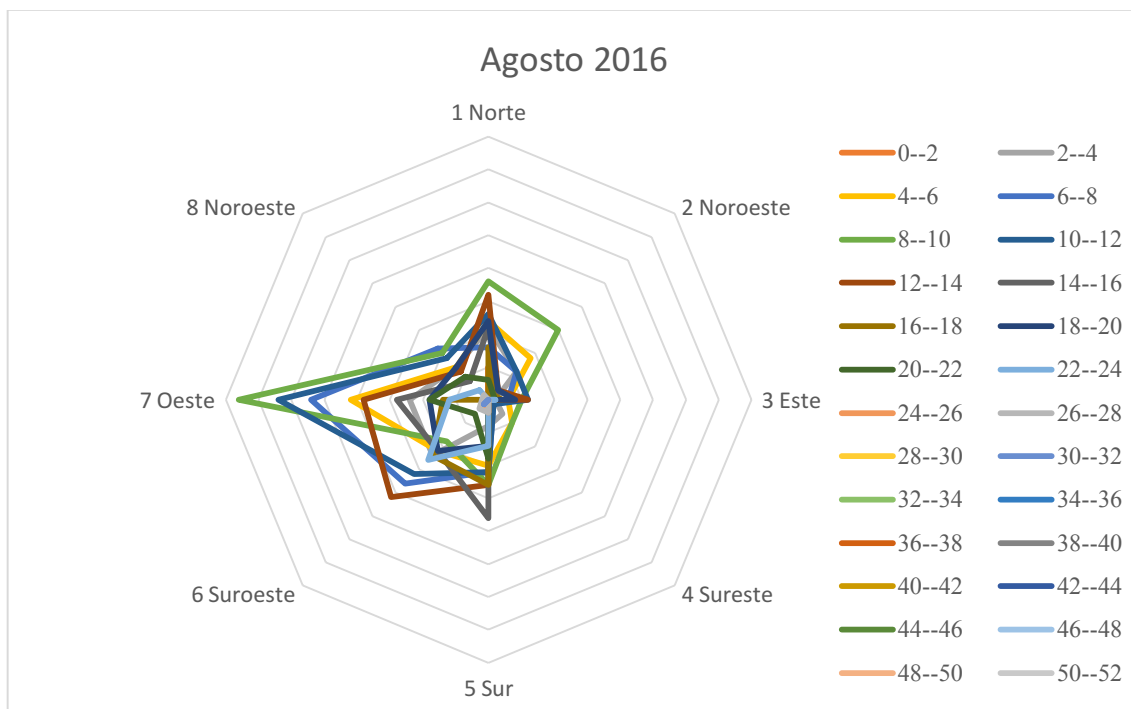


Figura 21: Rosa de vientos de septiembre de 2016

Figura 22: Rosa de vientos de septiembre de 2016

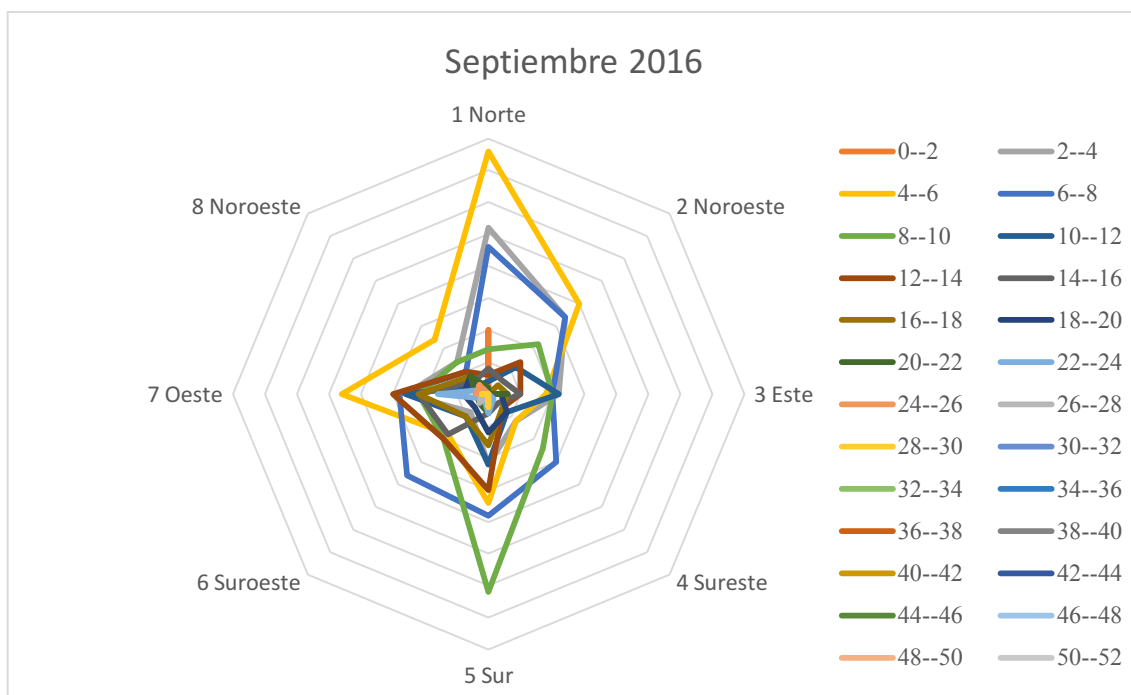


Figura 23: Rosa de vientos de octubre de 2016

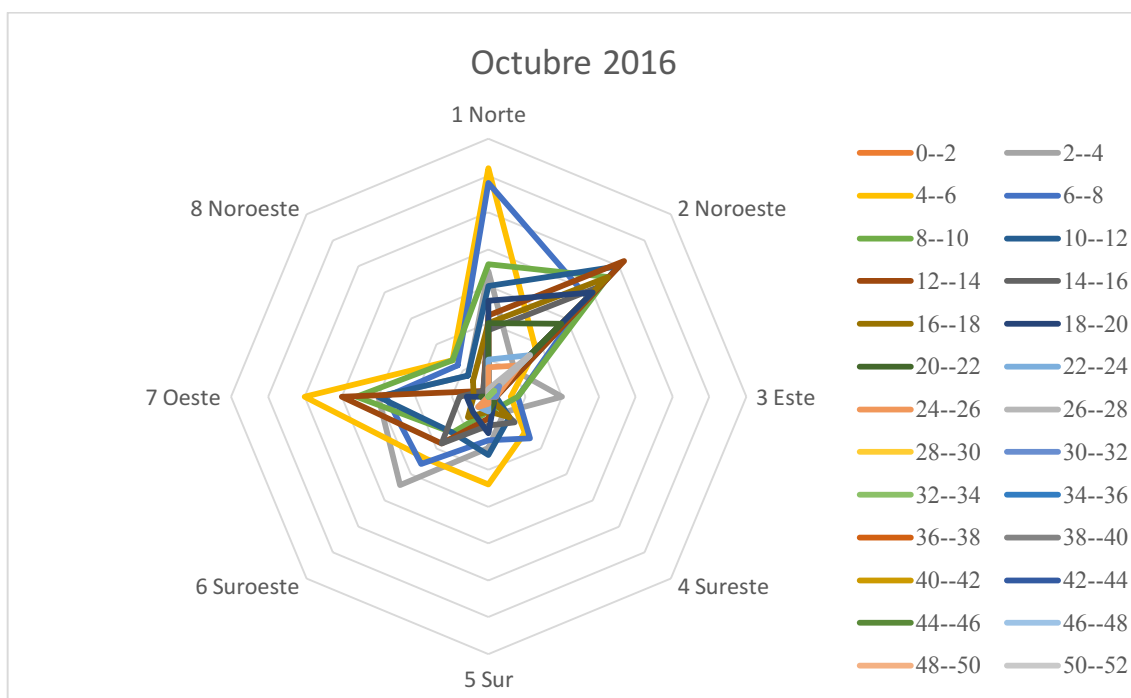




Figura 24: Rosa de vientos de noviembre de 2016

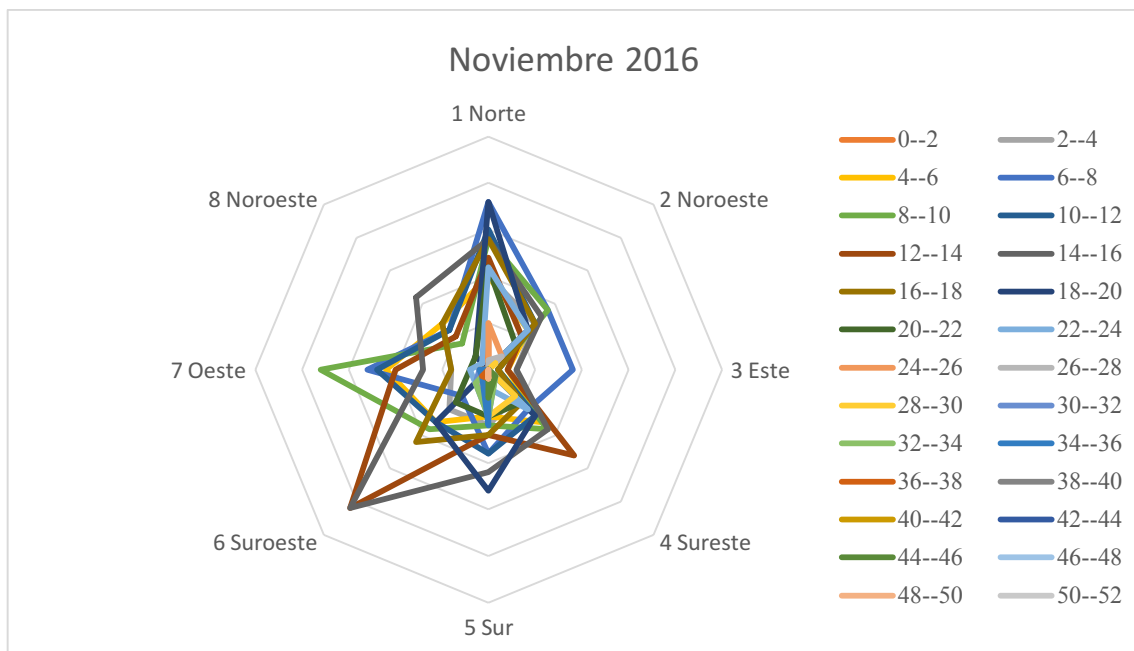
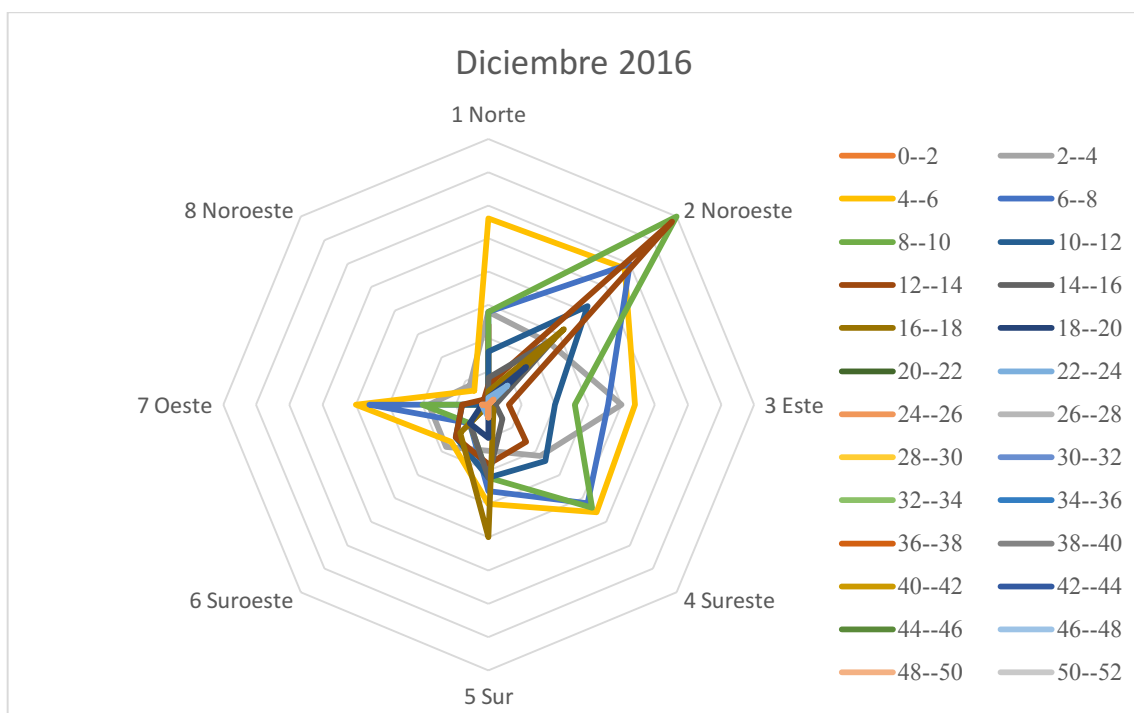


Figura 25: Rosa de vientos de diciembre de 2016





## 2. Anexo 2: Producción de los aerogeneradores

Tabla 17: Curva de potencia del aerogenerador E200

Curva potencia E200	
Velocidad viento (m/s)	Potencia (W)
0	0
1	0
2	80
3	500
4	1350
5	2800
6	4700
7	7000
8	9600
9	11800
10	15000
11	17800
12	18500
13	18000
14	17500
15	17500
16	17500
17	17500
18	17500
19	17500
20	17500



Tabla 18: Producción anual del aerogenerador E200

Producción anual E200	
Velocidad viento (m/s)	Energía anual (kWh)
0	0
1	350
2	4080
3	10700
4	20500
5	32200
6	47800
7	64800
8	81300
9	95900
10	107800
11	116000
12	120900
13	121600
14	119000

Tabla 19: Curva de potencia del aerogenerador E70

Curva potencia E70	
Velocidad viento (m/s)	Potencia (W)
1	0
3	40
5	450
7	1400
9	2800
11	4000
13	4300
15	4450
17	4500
19	4450
21	4400



Tabla 20: Producción anual del aerogenerador E70

Producción anual E70	
Velocidad viento (m/s)	Energía anual (kWh)
1	0
2	290
3	1900
4	3900
5	6900
6	10000
7	14300
8	17700
9	20000
10	22500
11	23700
12	24300
13	24300
14	24300

### 3. Anexo 3: Presupuesto

Tabla 21: Presupuesto de los elementos del aerogenerador E70

Aerogenerador E70					
	Unidades	Coste unidad (€)	Coste final (€)		
Aerogenerador E70	1	7800	7800		
Inversor	2	3328	6656		
Batería	3	5652,02	16956,06		
Torre 15 m	1	2650	2650		
+ 4 m Torre	1	760	760		
Conexión batería	1	1525	1525		
Conexión red	1	3175	3175		
Extra: Battery Brake + Storm Detection	1	1300	1300		
<b>Total sin conexión a red (€)</b>			<b>36347,06</b>	<b>+ Extra</b>	<b>37647,06</b>
<b>Total con conexión a red (€)</b>			<b>39522,06</b>	<b>+ Extra</b>	<b>40822,06</b>

Tabla 22: Presupuesto de los elementos del aerogenerador E200

Aerogenerador E200			
	Unidades	Coste unidad (€)	Coste final (€)
Aerogenerador E200 + Conexiones + Torre	1	58000	58000
Inversor	3	3328	9984
Batería	4	5652,02	22608,08
Extra: Control remoto	1	1000	1000
		<b>Total (€)</b>	<b>90592,08</b>
		<b>Total + Extra (€)</b>	<b>91592,08</b>



Tabla 23: Presupuesto del montaje del aerogenerador

<b>Montaje</b>			
	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Coste (€/h)</b>	<b>Coste final (€)</b>
Trabajadores	49	25	1225
Excavadora	3	50	150
Grúa	19	80	1520
	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Coste (€/m3)</b>	<b>Coste final (€)</b>
Hormigón	27	70	1890
		<b>Total (€)</b>	<b>4785</b>

## 4. Anexo 4: Tabla de consumo

Tabla 24: Consumo eléctrico anual de los diferentes electrodomésticos y aparatos en las diferentes zonas de la vivienda; cantidad, potencia y uso anual

ANUAL					
Aparato eléctrico	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W)	Uso anual (h)	Consumo anual (kWh)
<b>Cocina</b>					
Lavadora	1	2000	2000	288	576
Secadora	1	2500	2500	192	480
Vitrocerámica	1	3500	3500	730	2555
Horno	1	2200	2200	192	422,4
Lavavajillas	1	2200	2200	365	803
Microondas	1	1500	1500	182,5	273,75
Cafetera	1	1260	1260	182,5	229,95
Nevera	1	350	350	8760	3066
Extractor de aire	1	500	500	730	365
Luces	3	60	180	365	65,7
Tira LED de 2,3 m	1	27,6	27,6	577	15,93
Tira LED de 3,5 m	1	42	42	577	24,23
<b>Comedor</b>					
Luces	2	60	120	1063,5	127,62
Lámpara	2	60	120	1063,5	127,62
Tira LED de 5 m	1	45	45	992	44,64
<b>Habitación principal</b>					
Luces	5	60	300	547	164,1
Tira LED de 5 m	1	45	45	365	16,43
Tira LED de 4 m	1	36	36	365	13,14
Lámparas	2	60	120	365	43,8
Televisión	1	400	400	730	292
<b>Baño vestidor</b>					



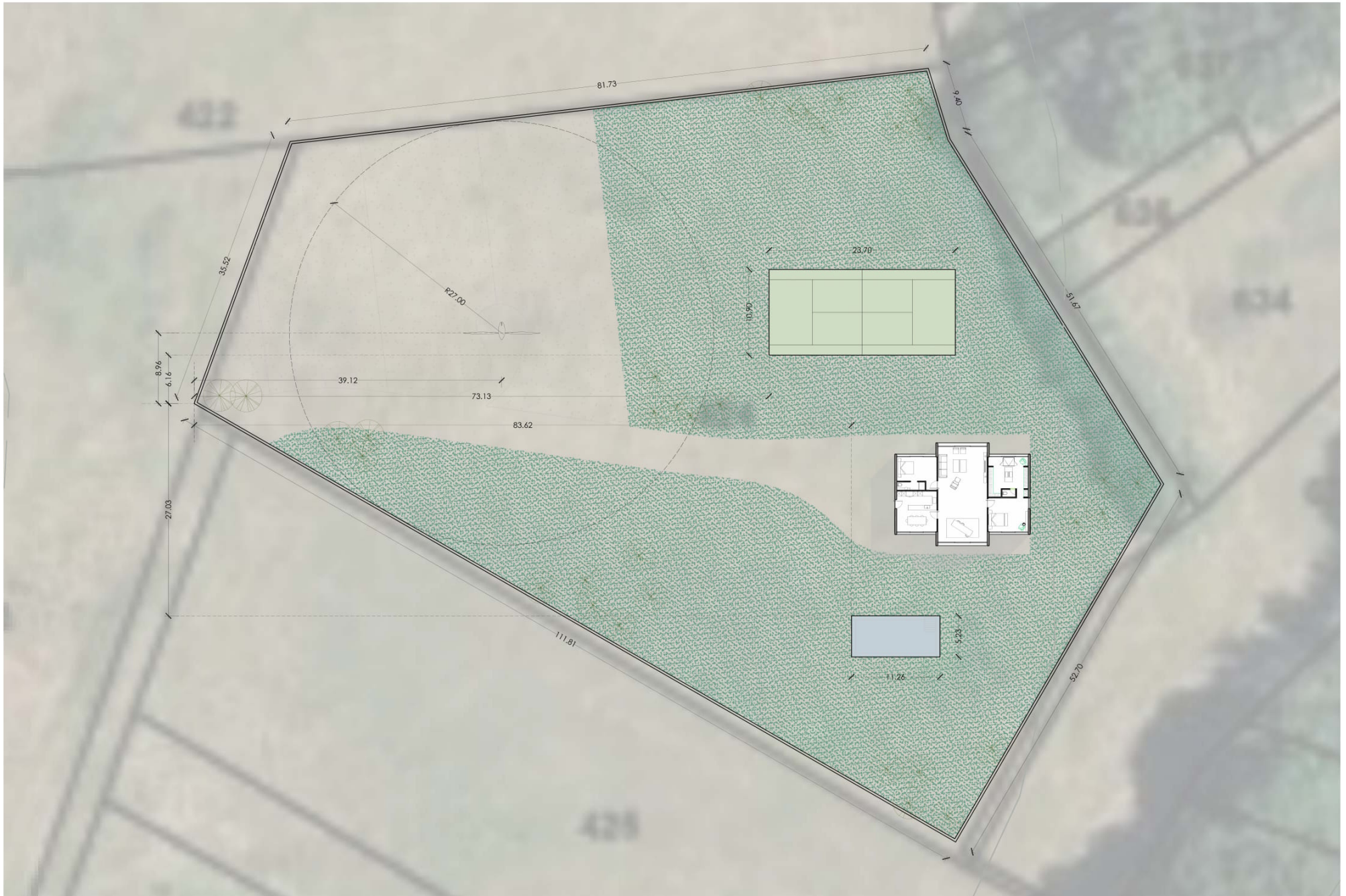
<b>Luces</b>	9	60	540	547	295,38
<b>Luz espejo</b>	2	60	120	365	43,8
<b>Tira LED de 5 m</b>	1	45	45	365	16,43
<b>Habitación 2</b>					
<b>Luces</b>	6	60	360	607	218,52
<b>Tira LED de 5 m</b>	1	45	45	669	30,11
<b>Baño 2</b>					
<b>Luces</b>	2	60	120	669	80,28
<b>Luz espejo</b>	1	60	60	365	21,9
<b>Salón comedor</b>					
<b>Luces</b>	8	60	480	1033	495,84
<b>Tira LED de 6 m</b>	2	54	108	547	59,08
<b>Televisión</b>	1	400	400	730	292
<b>Extras</b>					
<b>Batidora</b>	1	250	250	146	36,5
<b>Cargador móvil</b>	4	12,5	50	730	36,5
<b>Secador</b>	2	700	1400	219	306,6
<b>Plancha de pelo</b>	1	80	80	146	11,68
<b>Plancha</b>	1	1000	1000	60	60
<b>Ordenador</b>	2	125	250	1460	365
<b>Portátil</b>	4	60	240	672	161,28
<b>Ventilador</b>	3	100	300	434	130,2
<b>Afeitadora</b>	1	15	15	54,75	0,82
<b>Aspirador</b>	1	1200	1200	48	57,6
				<b>Consumo anual total (kWh)</b>	<b>12.425,81</b>

## 5. Anexo 5: Planos



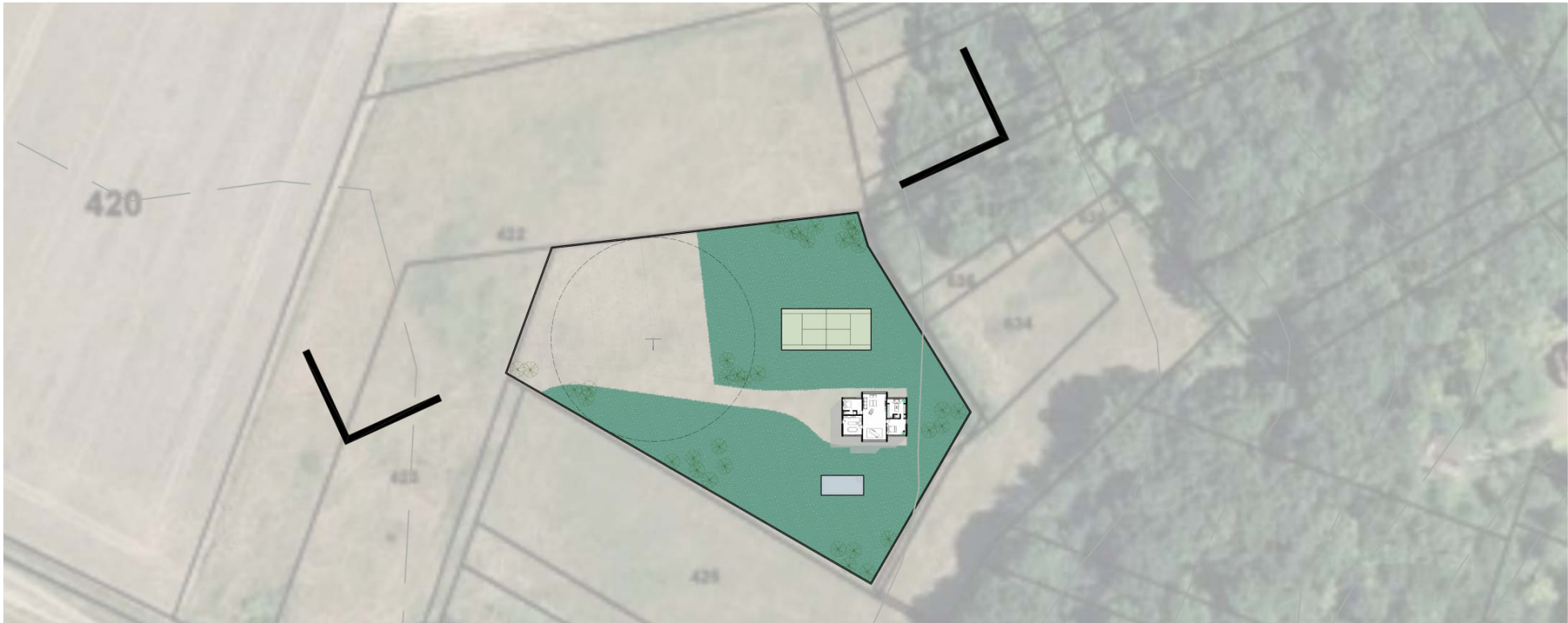
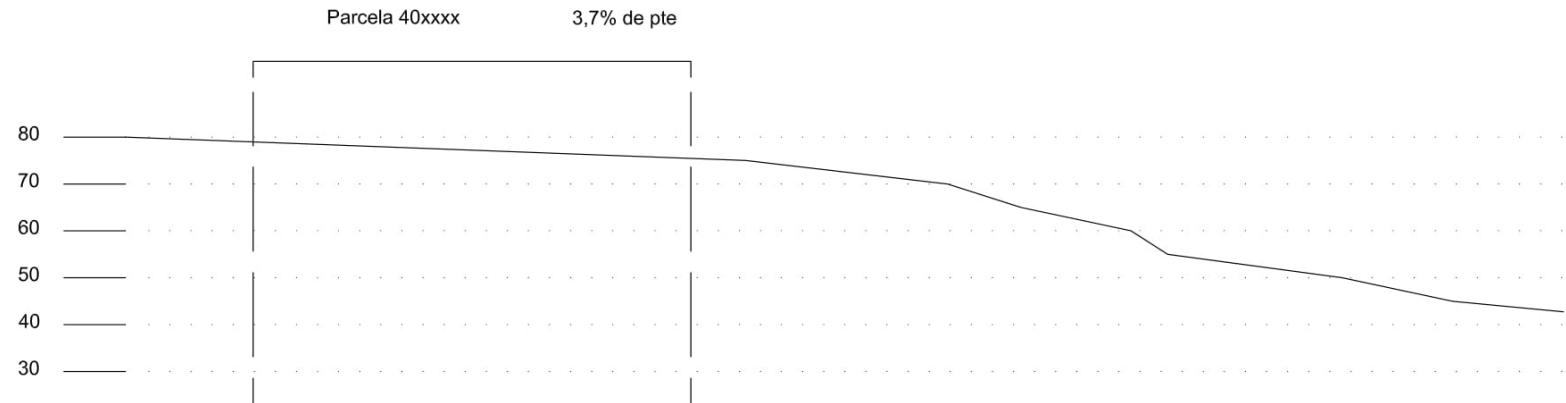


## Plano 1: Terreno



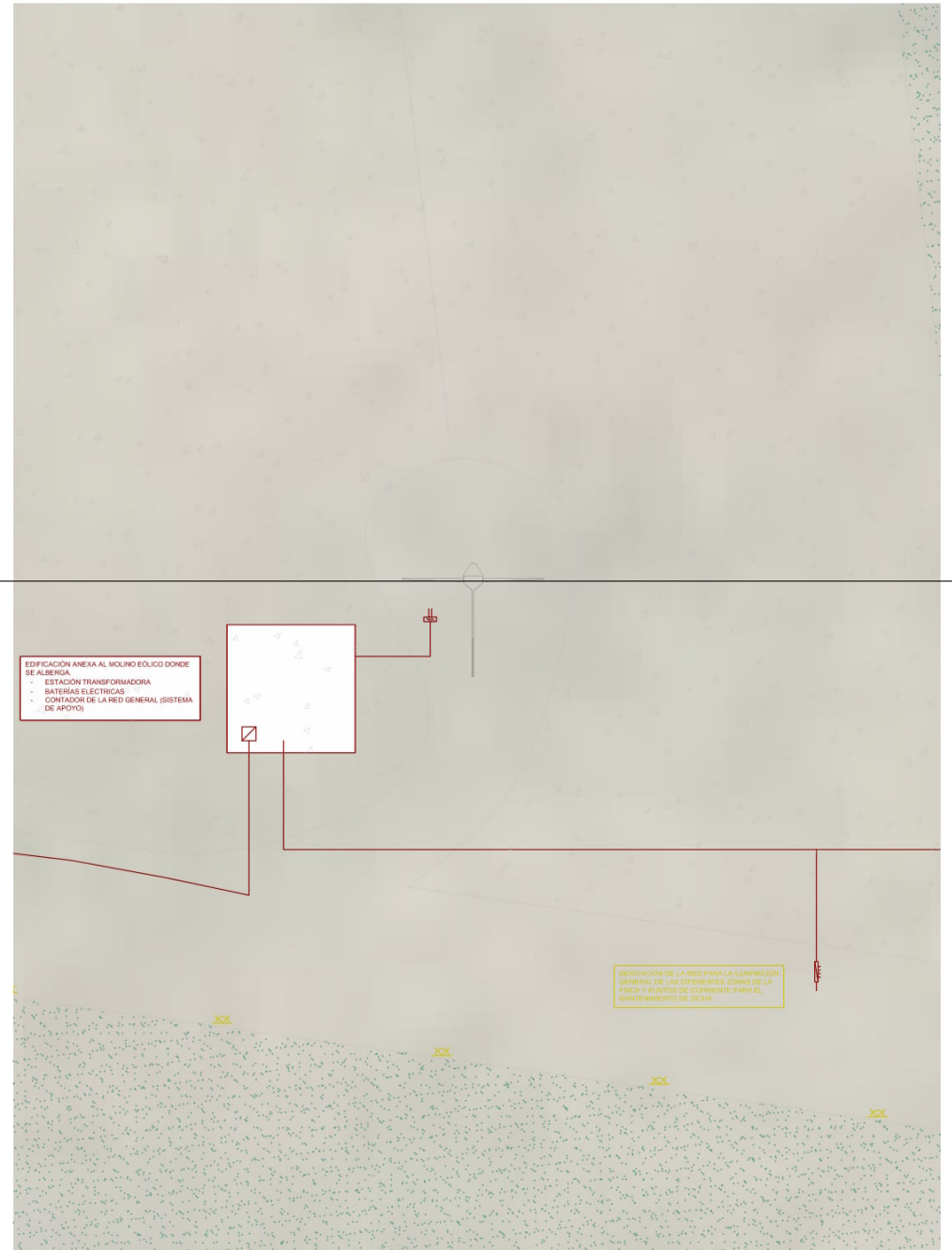
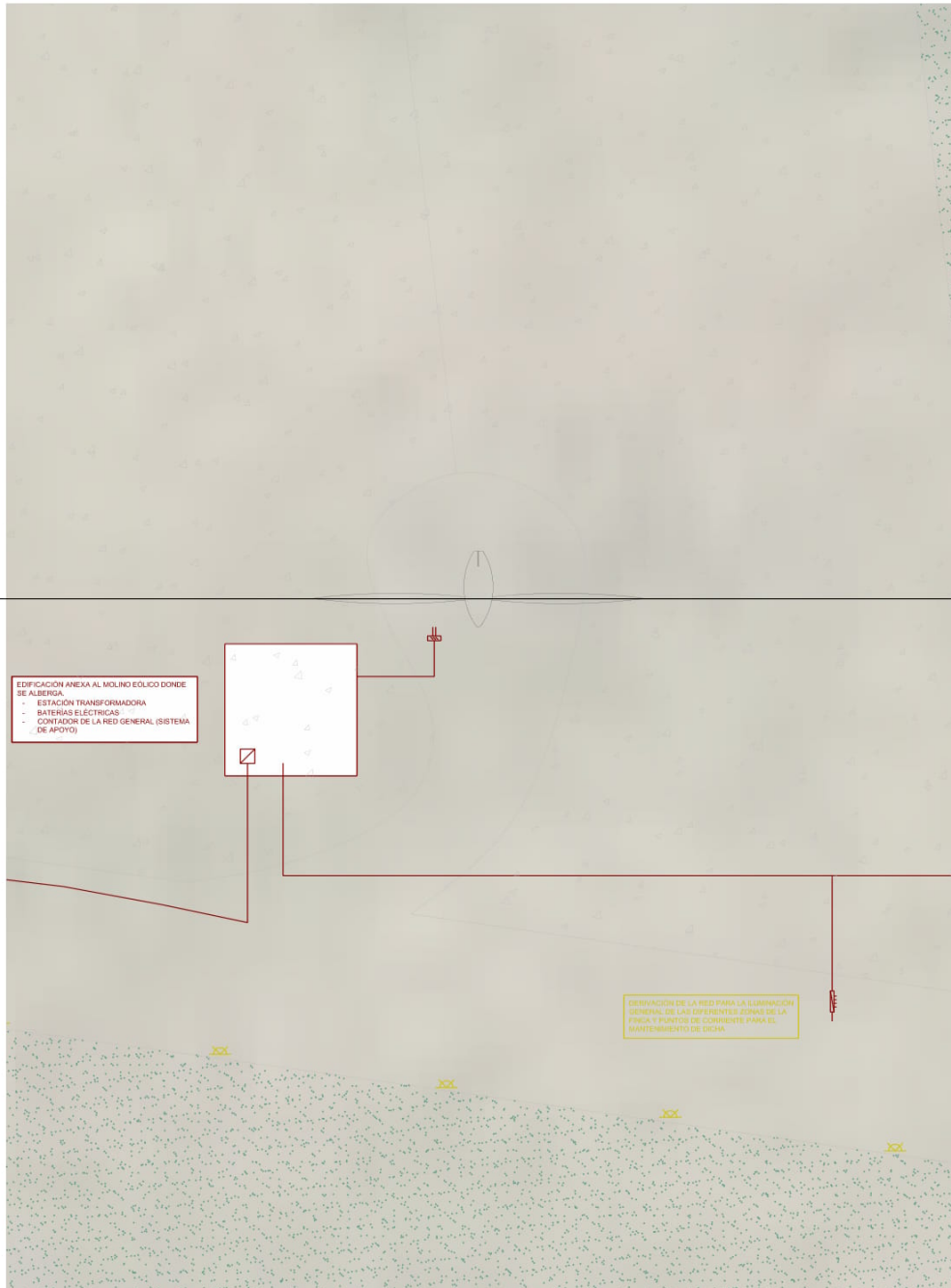


Plano 2. Estudio de Pendiente (Topográfico)



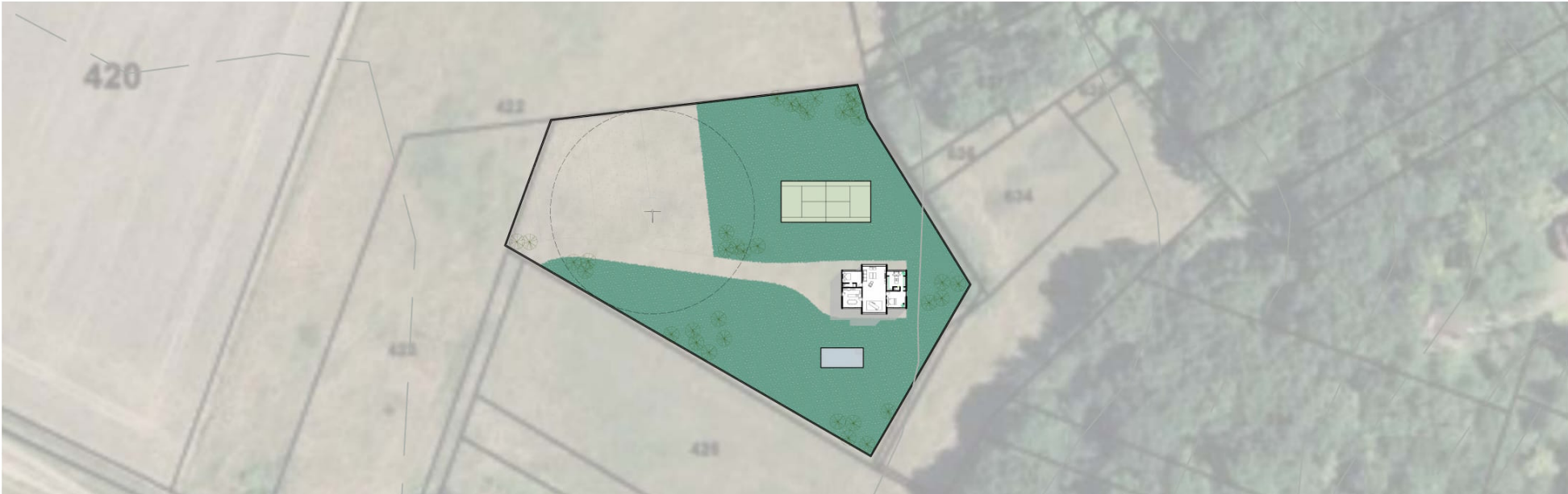
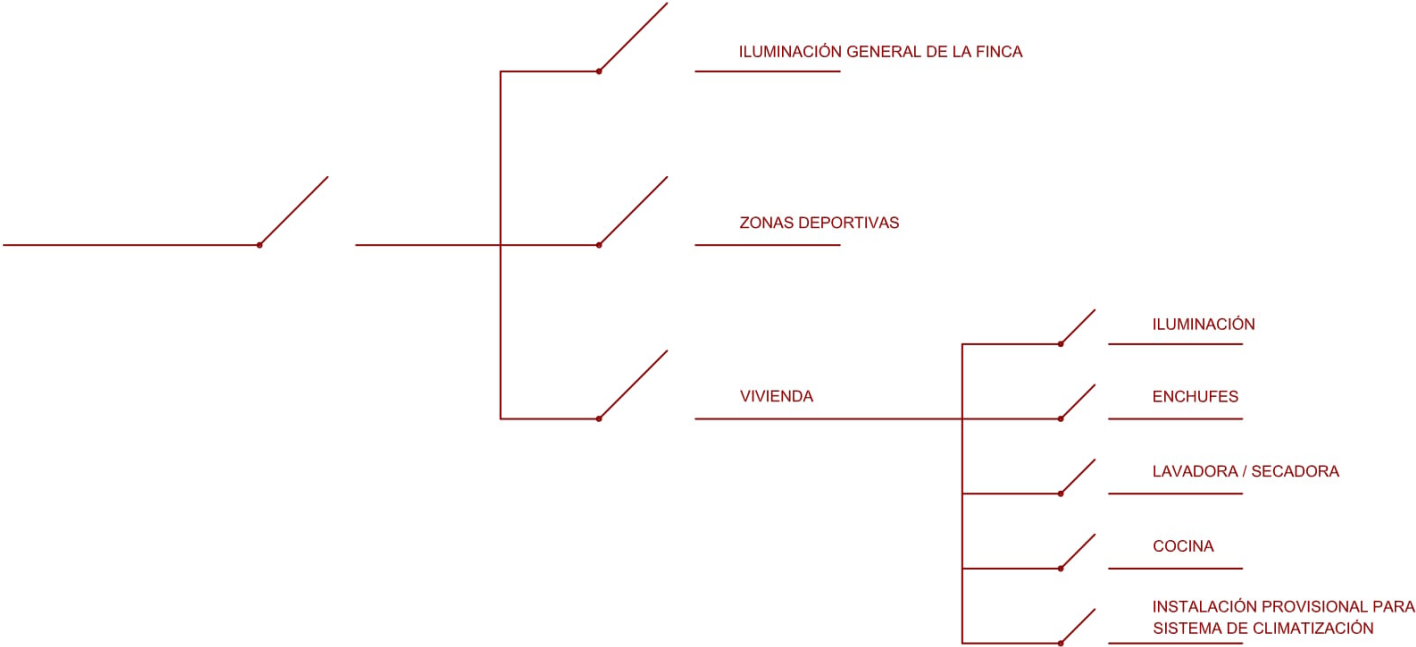


### Plano 3. Aerogenerador E70 y E200





Plano 4: Línea Eléctrica





## Plano 5: Terreno E70 + Eléctrico

### Edificación anexa al molino eólico donde se alberga:

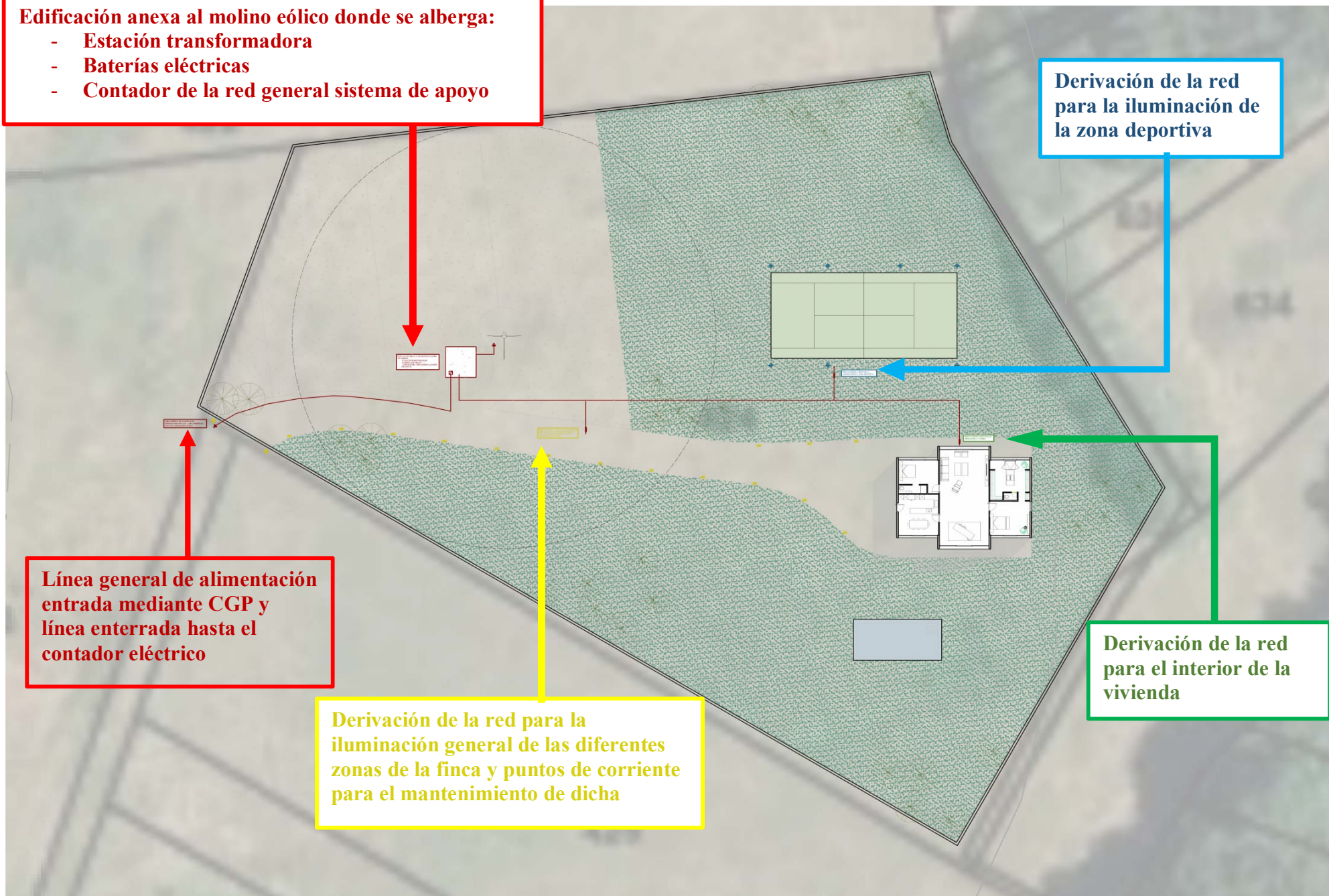
- Estación transformadora
- Baterías eléctricas
- Contador de la red general sistema de apoyo

Derivación de la red para la iluminación de la zona deportiva

Línea general de alimentación entrada mediante CGP y línea enterrada hasta el contador eléctrico

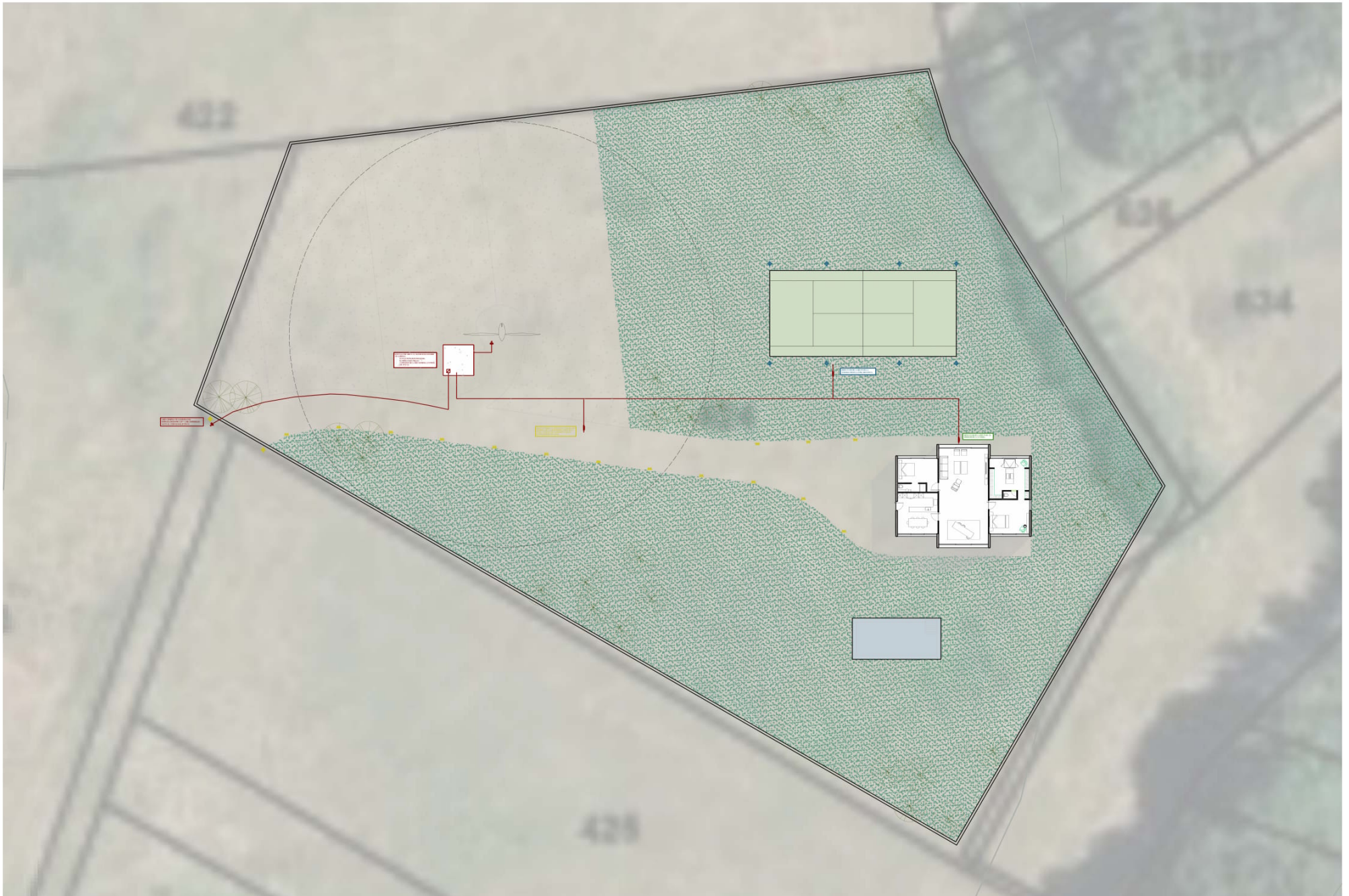
Derivación de la red para la iluminación general de las diferentes zonas de la finca y puntos de corriente para el mantenimiento de dicha

Derivación de la red para el interior de la vivienda





## Plano 6: Terreno E200 + Eléctrico



## Plano 7: Instalación Casa







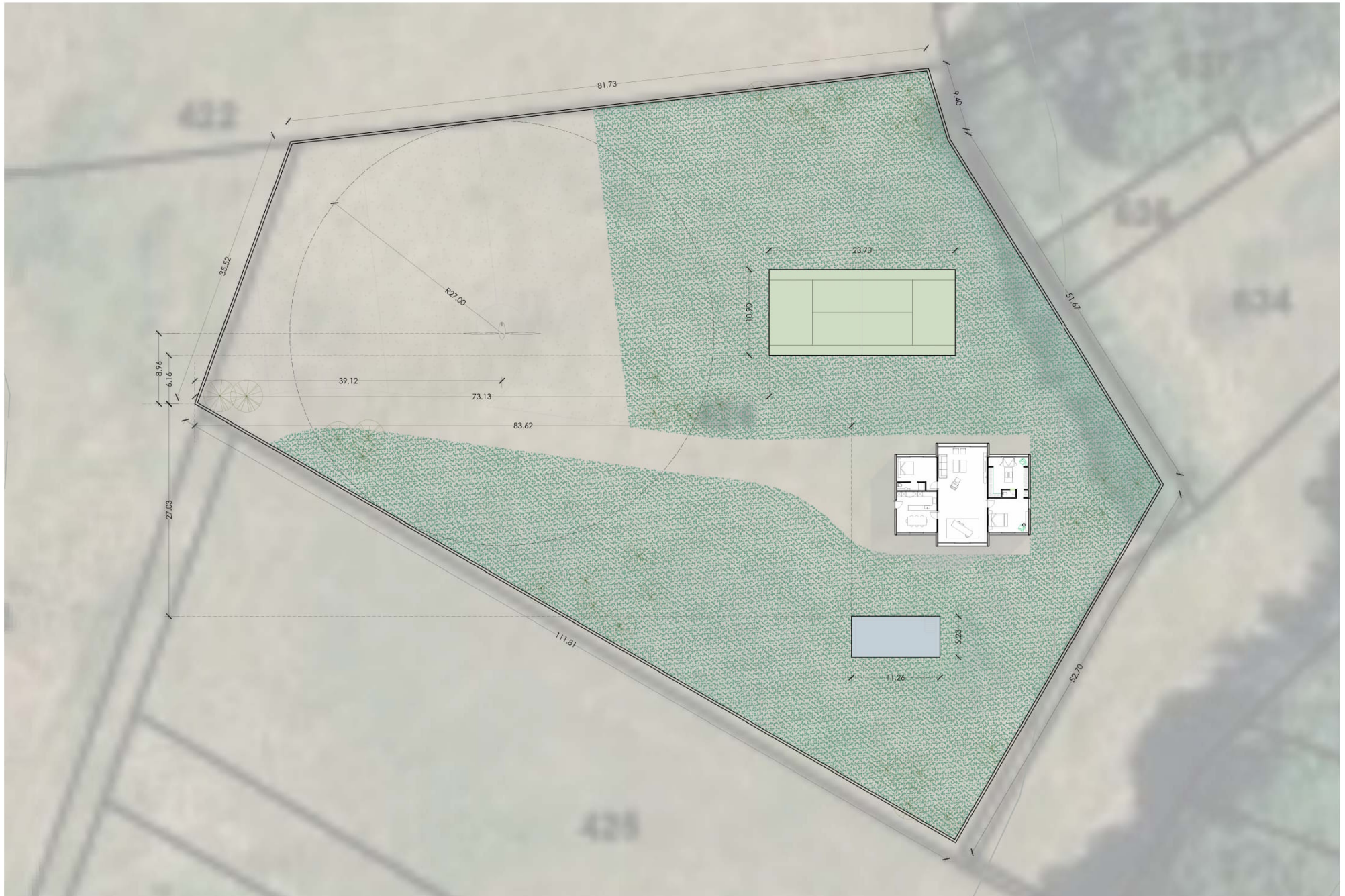
Plano 8: Parcela plano cotas E70







## Plano 9: Parcela plano cotas E200



## Plano 10: Vivienda plano cotas

